



TITLE:

低炭素循環型社会構築を支援する  
各種環境評価法の開発と地域環境  
コミュニティ設計に関する研究(  
Dissertation\_全文)

AUTHOR(S):

前, 奈緒子

---

CITATION:

前, 奈緒子. 低炭素循環型社会構築を支援する各種環境評価法の開発と地域環境コミュニティ設計に関する研究. 京都大学, 2014, 博士(地球環境学)

ISSUE DATE:

2014-03-24

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k18434>

RIGHT:

低炭素循環型社会構築を支援する  
各種環境評価法の開発と  
地域環境コミュニティ設計に関する研究

2014 年

前 奈緒子

# 目 次

## 第 1 章 緒論

1.1 はじめに	1
1.2 低炭素循環型地域社会の構築に必要な要素	1
1.3 低炭素循環型地域社会の構築のための共通指標の提案	3
1.4 環境評価法に関する既往の研究	6
1.4.1 ライフサイクルアセスメント (LCA)	6
1.4.2 環境管理勘定 (EMA)	10
1.4.3 マテリアルフローコスト会計	11
1.4.4 環境効率、Factor X	12
1.5 環境配慮行動に関する既往の研究	14
1.6 インターネット・コミュニティ (IC) に関する既往の研究	16
1.6.1 インターネット・コミュニティ (IC) とは	16
1.6.2 インターネット・コミュニティの特徴	16
1.7 本論文の目的と構成	18
参考文献	21

## 第 2 章 有機系廃棄物・廃熱価値評価法の開発

2.1 序論	25
2.2 提案する評価法の概要	26
2.2.1 廃棄物価値の基本的な考え方	26
2.2.2 計算、作図する上での仮定	30
2.2.3 コストダイアグラム作成のための基礎式	30
2.2.4 ストダイアグラムの作成手順	32
2.3 コストダイアグラムを利用した各種評価手法	35
2.3.1 技術による廃棄物・廃熱価値の変化	35

2.3.2 建設コストや人件費を加味したダイアグラム作成法	37
2.4 木質バイオマス廃棄物からの水素製造技術評価への応用	39
2.5 結論	44
参考文献	45

### 第3章 エクセルギー効率に基づくバイオマス廃棄物の変換スキーム評価法の検討

3.1 序論	47
3.2 各種資源のエクセルギー効率からみた有機系廃棄物のポテンシャル	49
3.2.1 気体及び各種有機物のエクセルギーの計算方法	49
3.2.2 パスダイアグラムの作成方法	52
3.3 木質バイオマスの各種変換パスの評価	54
3.3.1 燃焼プロセス	56
3.3.2 ガス化プロセス	58
3.3.3 木質バイオマス及び湿潤バイオマス廃棄物の炭化プロセス	61
3.3.4 パスダイアグラムとコストダイアグラムの組合せ	66
3.4 結論	68
参考文献	68

### 第4章 環境製品導入に対比させた家庭内環境配慮行動の価値評価法の検討

4.1 序論	72
4.2 提案した評価法の概要	74
4.2.1 新環境指標の定義	74
4.2.2 製品のライフサイクルチャートの作成	75
4.3 環境配慮行動の定量的評価	76
4.3.1 主要電気製品及び自家用車の技術革新効果	76
4.3.2 環境配慮行動の価値評価法の検討	81
4.3.3 技術革新の価値評価	82
4.3.4 環境配慮行動の価値評価	84

4.3.5 旧製品の環境配慮行動の定量的ガイドラインの策定	86
4.4 結論	89
参考文献	90

## 第5章 インターネット・コミュニティにおける親密性増進の要因分析

5.1 序論	92
5.2 親密性と親密化プロセス	93
5.2.1 親密性とは	93
5.2.2 親密性のコミュニケーションモデル	93
5.2.3 親密化プロセスと会話	95
5.3 親密度の分析	96
5.3.1 掲示板の概要	96
5.3.2 分析方法	100
5.3.3 各掲示板の基本的な特徴と親密度分析結果	104
5.4 親密度形成の要因	119
5.4.1 各掲示板の親密度と基本属性との関係	119
5.4.2 親密度が異なる要因	123
5.5 結論	126
参考文献	127

## 第6章 スマートビレッジ構築のための技術導入効果の検証と

### 地域環境コミュニティモデルの提案

6.1 序論	128
6.2 太陽光発電とバイオマスのポテンシャル	128
6.3 中山間小都市における技術導入効果による	
スマートビレッジの構築の可能性	130
6.4 環境配慮行動促進のための地域環境コミュニティの形成	137
6.4.1 環境配慮行動を促進させる動機づけと手順	137

6.4.2 環境配慮行動を促進させるコミュニティ形成における	
ソーシャルネットワークの役割 .....	138
6.5 結論 .....	144
参考文献 .....	144
<b>第7章 結論 .....</b>	<b>145</b>
<b>付録</b>	
<b>謝辞</b>	

# 第 1 章 緒論

## 1.1 はじめに

20 世紀の石油資源に基づく大量生産・大量消費の工業社会は人類に繁栄をもたらしてきたが、その一方で 20 世紀終わりから 21 世紀にかけて、資源枯渇、CO<sub>2</sub> 問題（地球温暖化）の地球規模の問題が表面化し、緊急に解決を図っていくことが求められている。多くの人口を抱える現代社会において、この地球規模の課題を解決するには、資源、エネルギーを節約しながら上手に利用して自然環境を保全する営みを確実に実行していくことが重要と云われている。その一つの手段として、低炭素循環型の地域社会を築き上げていくことが考えられる。これには、現在、日本の各地域で実施されつつある再生可能エネルギーや環境エコ製品などの新技術導入に加えて、地域住民の積極的な行動による環境コミュニティを醸成することが非常に重要であると思われる。本論文では、低炭素循環型社会の構築を目標に、新技術導入や住民の環境配慮行動を適切に実行できる各種環境評価法を提案するとともに、インターネット・コミュニティを取り込んだ地域環境コミュニティの可能性について議論する。

## 1.2 低炭素循環型社会の構築に必要な要素

まず、低炭素地域社会の構築に必要なことを考えてみる。社会での物質・熱収支を考えてみると、社会から自然環境へ廃棄される物質とエネルギーの流出速度が、自然環境で受容できる速度をはるかに上回り、バランスを崩していると思われる。このアンバランスを少しでも改善するには、再生可能エネルギーをできるだけ利用し、資源とエネルギーの使用量を抑制することが望まれる。しかし、再生可能エネルギーはエネルギー密度が小さく、ローカルの事情に大きく依存する。また、エネルギー使用量抑制には技術的なアプローチに加えて、我々人間の環境配慮行動も重要である。これらを確実に進めていくには、地球規模の課題ではあるが、各地域という小さなユニットで、環境共生社会へと変えていくことで地球全体が改善されていくというアプローチが良いように思われる。これには、ある大きさの地域社会の中で、ある程度閉じた分散型社会を目指し

て、その地域の資源（廃棄物も資源）を上手に利用して、自然界への廃棄物、廃熱の排出速度を落とす取り組みが望まれる。また、小さな地域社会であるからこそ、住民の環境意識の統一性というコミュニティの合意形成も実現性が高いと考えられる。このように、本研究で指向している低炭素社会とは、市町村レベルでコミュニティ内の意志疎通を十分に図りつつ、地域資源利用、炭素循環、エネルギーの上手な利用による資源節約と CO<sub>2</sub> 削減をバランスよく考えた社会を想定している。

さて、上述のような状況を背景に、現在、低炭素社会を基本に循環型社会形成の必要性が唱えられ、日本の各地域でも種々の政策が精力的に実行されている。現在推進されている各種低炭素化技術と地域政策の連携効果をさらに高めるために、新たに導入される技術、インフラとその地域での住民の環境行動効果を関係付けながらできるだけ定量的に解析し、政策などへ反映させていくことが望まれている。ところが、現状では、これまで構築されてきた社会をベースにしているので、部分循環に留まっている例もあるように感じられる。今後、地域をできるだけ低炭素で循環型の社会に変えていくには、その技術、インフラの設計の拠り所となる定量的な指標を開発することが望まれる。

一方、上記の技術、インフラの設計が理想的に行われたとして、これを現実に社会の中に定着させるには、適切な情報のもと、地域住民の環境配慮行動が醸成されていくコミュニティ作りも重要である。すなわち、住民こそ環境推進の実施主体であり、いくら素晴らしい技術、インフラが導入されても、住民への浸透が図られなければ効果が薄れる。その意味でも、環境を軸としたコミュニティ醸成に必要な要素を抽出し、IC コミュニティと町内会のようなリアル・コミュニティを上手く組み合わせることが望まれる。

以上のことから、今後研究要素として求められることを図 1.1 に纏めた。地域社会を作るのはステークホルダーである地域コミュニティであることを強く認識し、コミュニティの生活環境を中心に据えて考えることが前提と思われる。そして、エネルギーや農工業製品の供給と、住民の活動消費とを合理的に結び付けるための技術導入、環境配慮行動を支援するツールの開発が重要になる。現状のコミュニティの活動パターンを把握することなく、単にマイクログリッドの導入、バイオマス利用技術の導入とか、とにかくリサイクル運動を展開するという各分野からの単発的なアプローチでは限界がある



ように思われる。今後は、これまで別個に進められていた技術導入と社会活動を、上手く結合するための方法論を開発するという、これまでにない複合領域での研究を進めていくことも必要であろう。しかしながら、既往の研究では、技術に関する研究、住民の環境行動に関する研究が、それぞれ独自の視点で個別に実施されており、個別の研究で対象とする事柄に関しては明らかにされているものの、これらの要素研究を結びつけて実際に社会で実行していくことが難しい状況にある。本論文では、地域社会コミュニティが低炭素化技術の適切な導入、環境配慮行動を上手く組み合わせていくための活動を支援する方法論の開発を検討する。

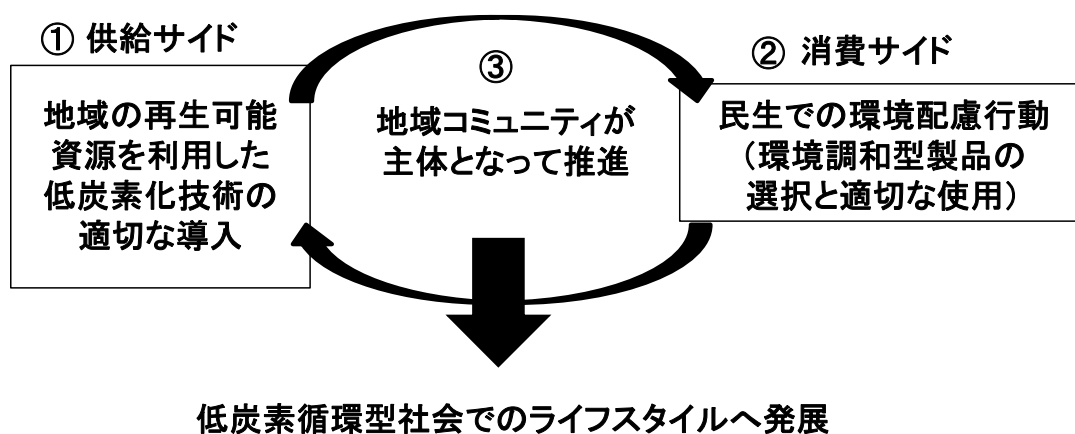


図 1.1 低炭素循環型社会構築に必要な要素

### 1.3 低炭素循環型社会の構築のための共通指標の提案

さて、このような技術と社会という文理両要素を統合した研究を実施していく上で、両者を繋ぐ定量的なものさしがあれば考えやすい。すなわち、何らかの定量的なものさを共通基準に低炭素循環型地域設計を技術導入、環境配慮行動の両面から進めていくことが合理的な方法論と考えられる。しかしながら、上述のように、このような文理両面からの研究を統一して考えるための指標はないのが現状である。そこで、本論文ではこのものさしとして、図 1.2 に示すような化石資源由来のエネルギー消費密度、あるいは CO<sub>2</sub> 排出密度と地域面積の関係を新たに提案した。都市部から農村、山林地域まで各ゾーンの面積と縦軸の密度をかけた第 1 象限の面積（図中の長方形）が化石エネルギー消費量、CO<sub>2</sub> 排出量になる。一方、自然エネルギーによるエネルギー利用、森林による

CO<sub>2</sub> 吸収、バイオマス利用は第 4 象限（マイナス領域）に表示する。このグラフにおいて、理想的には正負全領域面積がゼロもしくはマイナスになれば自然共生型地域社会となることを意味している。しかし、現実にはそのようなことはほぼ不可能で、目指す地域設計指針は、山林地域でのマイナス（バイオマスをエネルギー利用するあるいは CO<sub>2</sub> を吸収するという意味）領域へ向けて、各エリアでの値を小さくするとともに、エリア間の勾配が緩やかになるように設計していくことにある。この指標に基づき、各地域である一定量以下の化石エネルギー消費量、CO<sub>2</sub> 排出量にできれば、国全体、ひいては世界全体でグリーンな社会へと導ける。エネルギー環境問題というのは、「Think globally, act locally」しか現実味がないと考えており、図 1.2 に基づき、いくつかのパターン（都市部、農村部など）での基本設計ができれば、都市部から農村部へペナルティーを支払うなどの環境税制や環境優遇政策の一つとして利用しながら国全体をグリーン化できると考えられる。

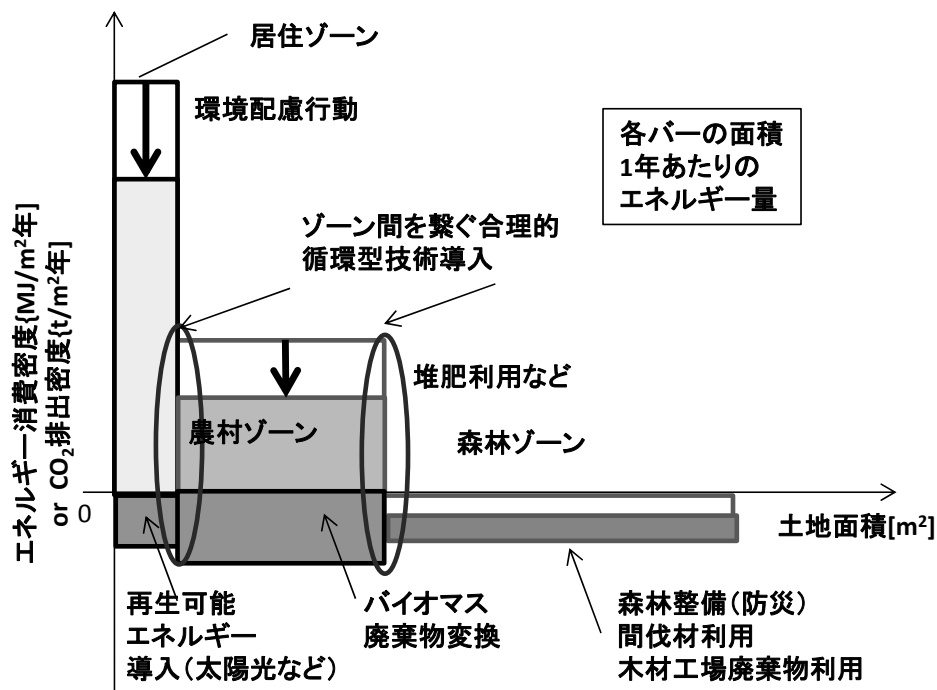


図 1.2 低炭素化循環型社会設計の基本コンセプト

図 1.2 に基づき、低炭素循環社会の構築へのポイントを考察してみる。まずエネルギー密度の高い都市部においてはエネルギー利用効率には優れており、人口あたりで直せ

ば農村部に比べてエネルギー消費密度は小さいものと予想される。これより、①都市部の住民が多く利用している道具（車とかエアコン）などへの環境配慮行動の促進、②世帯の多さから分散型エネルギーとして屋根置き太陽光発電などの導入を推進することによって、大きくエネルギー消費密度、CO<sub>2</sub>排出密度を低減できると予想される。このことは、新技術の導入に加えて都市部住民の環境配慮行動がグリーン化に大きく寄与することを示している。しかしながら、現状の環境配慮行動の評価は非常に定性的である。環境配慮行動をさらに促進するには、より定量的（できればコスト）評価が望まれる。例えば、省エネにはハイブリッドカーを導入した方が効果的か、それとも乗車機会を減らした方が効果的かという、技術導入効果と環境配慮行動の価値の定量的な比較が可能になれば、正しい選択がなされるとともに、新技術導入のための制度設計などに有用となると思われる。さらに、以上のことを適切に誘導するには供給サイドと消費サイドの環境関連情報を等しく共有し、共鳴するコミュニティの構築が望まれる。これには、単に現在、「見える化」の一例として一部導入されているスマートメーターのような道具だけではなく、町内会組織のようなリアル・コミュニティをベースに、親密度を保有したインターネット・コミュニティ（IC）を上手に作り上げていくことも重要であろう。

次に、各エリアの炭素循環を考えてみる。ここでは、簡単のため、バイオマス（廃棄物）のみに着目した。現在、バイオマスタウンなどでバイオマス（廃棄物）のエネルギー有効利用が各所で盛んに実施されている[1-3]。しかし、大隈[4]が報告しているように、各所のバイオマス関連の事業は必ずしも成功しているとは云えない。大隈は、この成功、失敗要因をエネルギー自立性、経済自立性の2つの式から評価している。この評価により、計画通りに設備が稼動しなかったり、経済状況の変化で継続できなくなったりする利活用の実効性に疑問があるケースでは、特に原料供給と利活用技術の選定に、以下の重要な失敗の要因があると結論づけている。

- ・希望的観測で、収集できるバイオマス量を過大に見積もった結果、設備のコストアップと稼働率の大幅な低下をもたらした。
- ・技術の評価能力の不足により、実用性が判断できず、高度な（未完成の）技術あるいは過剰性能の設備を選択した。特に、国の委託や補助事業で目立つ事例であり、実験室規模の技術と実用技術の差を認識できず、間違って判断したケースである。

今後、バイオマスの利活用の推進にあたっては、このような失敗を避けるためには、エネルギー、経済性の両面で演繹的に事前評価できる手法の開発が必要であろう。

以上のことから、低炭素循環型社会を構築していくには、エネルギー消費量や環境負荷に関する適切な評価手法に基づく施策シナリオの策定と、環境配慮行動の促進策が重要なポイントであることが判る。そこで、以下に環境評価手法、環境配慮行動に関する既往の研究を簡単に概観する。

## 1.4 環境評価法に関する既往の研究

### 1.4.1 ライフサイクルアセスメント（LCA）

#### (1) 概要

近年の環境評価のベースはライフサイクルアセスメント（LCA）である[5-7]。LCAとは、図 1.3 に示すように、資源の採取から廃棄までの流れを、生産される物質に着目して示したものである。生産活動には、枠の左に示したように系外からの様々な資源の投入および、右側に示したような環境への様々な廃棄物の排出が伴う。LCA とは、ある製品を対象に、工程、システムの改善や製品間の比較等を目的として、ライフサイクルの全過程の環境負荷を定量的かつ総合的に評価する手法である。

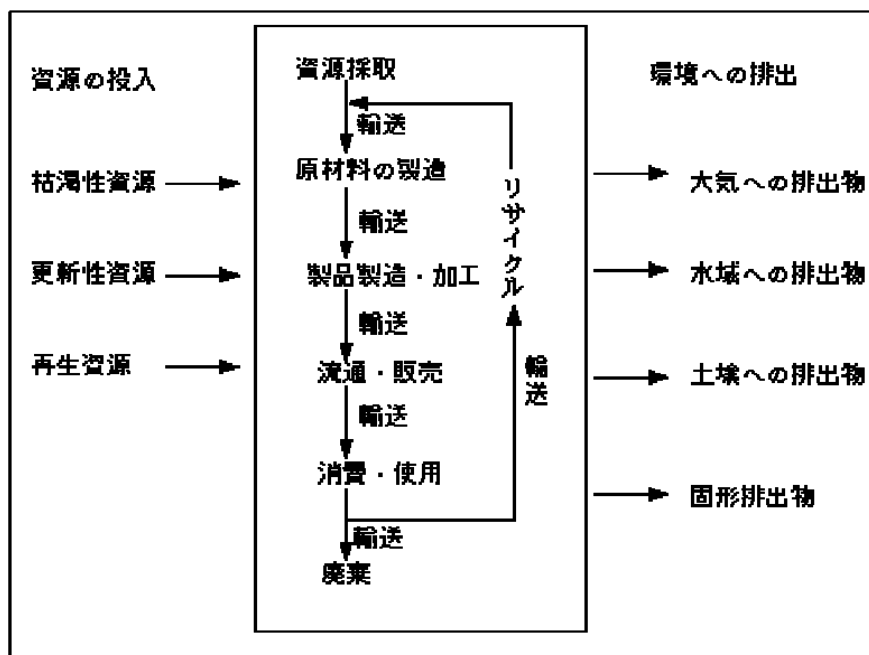


図 1.3 製品のライフサイクルと資源・環境との関係

この LCA を実施する目的は多様で、それを行う主体によって異なる。それぞれの主体について、以下のような点から LCA は実施されている[8]。

- ・ 供給サイド

- ① 既存の製品について、ライフサイクルのどの段階で、どのような環境負荷が、どの程度発生しているかを明らかにする。
- ② 上記①を行うことにより、プロセスの改善点、製品設計の改善点を明確にする。
- ③ 資材の選択、調達のための基準となる科学的根拠を得る。
- ④ 製品のライフサイクル全体を対象に最適化設定を行う。
- ⑤ 開発ターゲットの優先順位付けなど、新製品の企画、開発に対する指針を得る。
- ⑥ 競合する製品と比較して、資源・環境面からの優位性を主張する科学的根拠を得る。
- ⑦ 消費者に科学的な情報を提供し、コミュニケーションの促進を図る。

- ・ 消費者サイド

- ① LCA の結果に基づいた商品の選択、使用を通じて環境への負荷の低減に貢献する。
- ② 選択的な購買によって、生産者への批判、改善要求などを行う根拠を得る。

- ・ 環境政策担当者

- ① 環境教育のための基礎資料とする。
- ② エコマークなどの環境ラベル（エコラベル）の認定や、その基準作成のためのデータを得る。
- ③ 使用素材やその廃棄方法など、各種のガイドライン作成の科学的根拠を得る。
- ④ 効果的なリサイクルの確立など、施策の立案に役立てる。

この代表的な LCA 手法に、以下のものがある。

## (2) 計算方法

### ① 積み上げ法

製品がどのように作られたか需要側から遡って積み上げていく方法である。製品を生産するプロセスの各段階において、使用した資源・エネルギー(インプット)と排出物(アウトプット)を詳細に計算し集計することで、製造段階での環境負荷を求める。環境負荷の実体と原因を明確にし、対策の検討と効果を評価できるため、広く実施されている

方法である。積み上げ法の方法論は、目的の設定、データの収集、インパクト評価、からなる。

## ② 産業連関法

原材料やエネルギーがどのようにして製品に分配されていくかを、供給側から分析する方法である。約 500 項目に渡る産業連関表を使って、部門間の金額ベースのやり取りから特定製品に関わるエネルギー・負荷を算定する。マクロなレベルで分析できるところに特徴がある。一国の産業をできるだけ詳細な部門に分け、部門間の金額ベースのやりとりから、エネルギーや環境負荷などの物量について直接・間接のやりとりを推定しようとするものである。この手法は、毎年生産される大衆消費財（食品、衣料、電気製品）などのフロー型製品の解析には有効であるが、個々の工業製品や技術を分析するには不十分、過去インフラの整備に要したインベントリの影響が無視されるので、インベントリを過小評価、新技術、リサイクルのように産業連関に取り入れられていない対象の分析不可能、ストック型製品（流通設備、建築、社会インフラ設備（ガス、電力など））には弱いなどの課題も持っている。

## ③ 統合連関分析法

フロー型製品とストック型製品のインベントリを正確に分析する方法であり、金額だけでなく、資源、労働、資本、環境負荷の直接・間接インベントリを分析する。この評価法は開発途上ではあるが、現在、以下のようなアプローチで評価が試みられている。

（前提条件）

- ・社会インフラ間の連関も考える必要があるが、過去のストックを含めて分析することは困難なので、評価する資本財の範囲を限定し、境界を設ける。

（評価手法）

- ・社会的なものの流れに沿って基本的プロセスフローを作成し、評価範囲となる系を定義する。
- ・系はいくつかのプロセスで構成され、各プロセスは「製造建設」、「維持運用」、「廃棄リサイクル」の 3 段階に分割される。
- ・製造段階における、素材製造のインベントリ分析を、積み上げ法によって行う。その他の段階については、産業連関法によってインベントリ分析を行う。

- ・各段階での環境負荷を積み上げ、次にプロセス毎、最終的には系全体の環境負荷を積み上げる。

この LCA 手法の応用範囲は広く、日本でも産総研などでの研究開発の進展で LCA 解析ソフトウェアも充実し[9]、企業、地方公共団体など、近年広く利用され、環境評価の基準となっている。また、有機系廃棄物の有効利用（リサイクル）に関しても、盛んにおこなわれている。古くはプラスチックのリサイクル評価を検討したものが有名である[10-13]。その後、バイオマス利用の高まりから、有機系廃棄物のリサイクルに係る LCA 解析の研究も数多く報告されている[14-19]。リサイクルという観点から考えると、どのような物質（エネルギー）としてリサイクルによって、技術評価が変わり廃棄物価値も変化するが、現状では、個別に対象とする有機系廃棄物（下水汚泥の例が多い）に対して、現有の処理技術の評価を実施することに留まっている。

このように、LCA は非常に強力な環境評価ツールで、今後さらに発展していくことが望まれるが、それには以下に示すような課題を解決していく必要があると云われている。

- ・ 振り分けの問題

工場では通常、複数の製品を製造しているが、環境因子のデータの多くは工場全体として把握されている。それぞれの工程に振り分けるには明確なルールが必要となる。

- ・ 廃熱利用などの効用についての評価法

吸熱反応を組み合わせれば物質変換が可能になるが、廃熱を熱利用の観点でしか評価していない。

- ・ 人の労働の取り扱い

LCA では現在、原則として人に関する負荷を扱っていない。そのため、人が作業した方が機械を使うよりエネルギー、環境負荷が小さいという奇妙なことが起こる。これに関して整理が必要である。

- ・ 評価の統一化

例えば、プラスチックなどの石油化学製品の潜在エネルギー、木材などのバイオマスなどの評価に対して、統一した見解が取れていない。生産品の質、機能の評価基準がない。

- ・ リサイクルプロセスの取り扱い

プラスチック、金属、ガラス、紙など、リサイクルにおける品質低下をどの様に評価するか。また、排出物が再び対象システムのラインに戻ってくるケース（クローズループ）と別の製品で再利用されるケース（オープンループ）がある。いずれの場合も前出の振り分けの問題が発生し、特にオープンループではリサイクルを廃棄物処理工程と考えるか、後の製品の生産工程とみなすか、折半するかなどの選択が必要になるなど、振り分けの基準が曖昧である。

以上のことから、LCA は評価手法の基本とすべきであるが、特に廃棄物利用への適用にはシステムバウンダリー、制約条件、仮定などを明確にして、ある条件での評価結果であることを十分認識しておく必要があると考えられる。一方、上記の LCA にコストの視点を加味した評価法も多数提案されている。その中で代表的な評価法を以下に概説する。

#### 1.4.2 環境管理勘定（EMA）

環境管理会計、環境会計は、企業外部へ情報開示を行う外部環境会計（external environmental accounting）と、企業内部の経営管理に資する内部環境会計（internal environmental accounting）に大別できる。内部環境会計については、近年、欧米では環境管理会計（environmental management accounting: EMA）という呼称が定着しつつあるので、ここでは環境管理会計（EMA）とした。EMAに関しては、経済産業省が環境管理会計手法ワークブックという形で丁寧に纏めている[20]。ここでは、その内容をごく簡単に紹介する。このワークブックによると、EMAは、貨幣単位のツールと物量単位のツール、及び過去指向ツールと将来指向ツールに区分される。また、EMAの目的を、「環境要因から影響を受ける意思決定プロセスに対して情報を提供し、支援すること」と規定し、具体的に以下のことに役立つと述べている[20, 21]。

- ・ 損益計算書や貸借対照表に環境関連活動が与える影響を明らかにする。
- ・ コスト削減や他の改善機会を明確にする。
- ・ 環境活動の優先順位を決定する。
- ・ 製品価格、製品ミックス、製品開発の決定を支援する。



- ・ 顧客価値を高める。
- ・ 将来を考慮した投資決定や長期的結果を伴う他の決定を支援する。
- ・ 持続可能な企業活動を支援する。

このように環境管理会計は、定義上は、物量単位の管理ツールも含み、外部への情報開示手段も包含する広範な領域としてとらえられている。

さて、EMA の中で代表的な手法として、ライフサイクルコストイング (LCC:Life-Cycle Costing) がある[20]。LCA を基本として、製品のライフサイクルにおいて発生するコストを集計して経済的な評価も加味した手法で、ライフサイクルを分け、原価を積み上げて集計を行う。この手法の特徴は、製品供給側からは、製品の企画～上市・販売までのコストが、消費サイドから見ると、初期コスト、ランニングコスト、廃棄コストが、地球環境サイドから見ると、自然から原材料の採取、使用中の自然への負担コスト、廃棄後に処分されて自然に戻るまでのコストを把握できる。

#### 1.4.3 マテリアルフローコスト会計

もう一つの強力な手法として、マテリアルフローコスト会計 (MFCA:Material Flow Cost Accounting) がある[22-24]。これは、投入された原材料類 (マテリアル) を物量で把握し、企業内若しくは製造プロセス各工程における物質の流れを廃棄物まで勘定に入れて収支を取っていくもので、これから廃棄物コストなどへの振り分けを行い環境コストを評価する手法である。この評価により、廃棄物削減と生産性向上を同時に実現するための現有工程の定量的評価が可能となる。解析法がシンプルで簡便なこともあり、効果的に事業性や環境負荷を評価できる点と、廃棄物ロスの削減が利潤に繋がることを定量的に示せる点に特徴を有しており、現在では多くの企業で実施されている。

他方、廃棄物管理の観点から環境管理勘定 (EMA) によるコスト評価も提案されている[25, 26]。この EMA は廃棄物管理のコストインパクトを効果的に評価できる有力な手法であるが、ある状況の廃棄物の評価であり、合理的な廃棄物利用シナリオを演繹的に提示するものではない。すなわち、廃棄物を有効に利用するための経済的スキームを定量的に設計できるツールは皆無である。

#### 1.4.4 環境効率、Faxtor X

環境省の報告書[27]によれば、持続可能な発展のための世界経済人会議（The World Business Council for Sustainable Development :WBCSD）で定義されている環境効率の概念は、「環境効率を追求するために、少なくとも地球が許容しうるレベルにまで、段階的に、ライフサイクルを通しての生態的影響と資源の集約を引き下げると同時に、人間のニーズを満たし、質の高い生活をもたらす、価格競争に基づく製品とサービスが提供されることが求められる。」とある。そして、これを実行するために、

- ・ 製品とサービスの物質集約度を低減させる
- ・ 製品とサービスのエネルギー集約度を低減させる
- ・ 有害物質拡散を低減させる
- ・ 素材のリサイクル性を高める
- ・ 再生可能資源の持続的な使用を最大限にする
- ・ 製品の耐久性を伸ばす
- ・ 商品とサービスのサービス集約度（Service Intensity）を増加させる

などのアプローチが考えられ、1993 年以来、WBCSD とその参加企業は、数多くの発表や研究会を通じて環境効率改善のための戦略について検討してきた。WBCSD は環境効率指標の測定の新たなフレームワークを開発し続けてきた[28]。これは、ビジネス界においても適切かつ意味ある指標を使用して、経済と環境の持続可能性に向けた進捗を測ることに役立てることを目的としている[27]。

以上のことを定式化すると次式のように表される[28]。

$$(\text{環境効率}) = \frac{(\text{製品の価値})}{(\text{環境への影響})}$$

これを実現する手段として、製品に着目したエコマテリアルの設計に関する取り組み、そのマテリアルの環境評価が実施されている。この指標をベースに、経済産業省では、過去に販売された自社の同型製品に対する対象製品の価値（機能）向上と、環境への影響（温室効果ガスの排出量）の低減という、製品の環境効率の改善度合いを端的に示す

ことが可能になると電気メーカー各社が示してきた。しかし、対象基準となる過去の製品が、各社ごとに異なるため、日本環境効率フォーラム（事務局、社団法人産業環境管理協会）」が中心となって、ガイドラインを普及させてきた[29]。ガイドラインによると、環境効率、ファクターは以下の式によって評価することとしている。

$$(\text{環境効率}) = \frac{(\text{得られるサービス・機能})}{(\text{ライフサイクル環境負荷})}$$

$$(\text{ファクター}) = \frac{(\text{評価製品の環境効率})}{(\text{基準年度における同種の製品の環境効率})}$$

ここで、「環境効率」における分子の「製品の価値」とは、その製品の特徴をわかりやすく示す主要機能や性能を考慮して適用製品毎に決定する。例えば、エアコン：冷・暖房能力（kW）、冷蔵庫：調整内容積（L リットル）、照明器具：全光束（lm ルーメン）と規定している。また、製品の主要な機能の性能（「基本機能」）とその機能が発現される期間（「標準使用期間」）の積として表わしても良いとしている。ここで、「標準使用期間」としては、エアコン、冷蔵庫、照明器具とも10年と定義している。一方、「環境効率」における分母は当面「ライフサイクル全体における温室効果ガスの排出量」とし、その製品のライフサイクルの各段階におけるCO<sub>2</sub>等の温室効果ガスの排出量、さらには地球温暖化係数を用いてCO<sub>2</sub>換算し足し合わせた量としてLCAから算出する。このように計算されたファクターが、過去の製品の10倍環境効率性が良ければ、ファクター10の製品と呼称する。日本においては、これに基づき、家庭電化製品を製造販売する電気メーカー各社で精力的に検討がなされ[30-32]、各社製品の環境寄与度が評価公開されている。このように、新製品のCO<sub>2</sub>排出量に関する評価は十分なされているが、一般に新製品は旧製品に比べ高い。上述の消費者の省エネ行動からも推測されるように、新製品導入のコスト高と省エネ程度のバランスで導入の可否が決定されるものと思われる。しかし、この製品は新製品を購入し、この製品は省エネするというような、

供給サイドと消費サイドを最適に組み合わせて考えていくための指標は全くない。また、これには、評価関数として、CO<sub>2</sub>削減効果に加えてコストも重要であり、これを同時に扱った評価法も皆無であり、消費者自身が判断できる指標の開発が望まれる。

### 1.5 環境配慮行動に関する既往の研究

次に、環境配慮行動を取り上げた社会学、社会心理学に関する既往の研究を簡単に概観する。環境関連の社会学は、古くは公害などの社会問題に対するイデオロギー的な研究が多くなされていたが、リサイクル活動、地球温暖化問題を始めとする我々の生活の中での環境改善が重要視されてきた近年、心理学的な要素を入れた研究が増加している。博報堂生活総合研究所が世界8都市の環境生活調査結果を纏めている[33]。統計結果から環境保全に対する貢献の意欲は東京の回答が平均を上回り高い数値を示していることを報告している。しかし、環境配慮行動の日常的な実践度に関しては、東京の回答は6割を切っている上、“あてはまる”と回答した数値に至っては1割強の回答が該当するだけという非常に低い数値となっている。このことより、日本人は諸外国人よりも環境保全に対する貢献意欲はあるものの、日々の現実の行動にはその意欲が反映されて現れていないことを示している。また、同レポート[33]では、環境配慮行動を実施している日本のアンケート対象者に対して、家庭内の27項目の環境配慮行動の実施状況調査を行い整理している。その結果、“照明をこまめに消す”、“暖房温度を20度程度に設定する”、“レジ袋を断る”といった日常的に実施しやすい行動や、“地域のルールに従ってゴミを分別する”といった規則に従わないと隣人と不仲になるといった環境配慮行動の実践度が高いことが示された。一方、“地域の緑化活動に参加する”、“太陽光、風力、バイオマスなどクリーンなエネルギーを使用する”、“地球環境保護のためのボランティア活動に参加する”などの行動は10～20%程度の実施状況と小さい。しかし、“書籍やイベント、インターネットなどで、地球温暖化や環境保護の活動について学習する”を実行している日本人は約半数であったことから、環境情報の的確な配信、ネットを介した環境コミュニティの醸成などで、環境配慮行動が促進されるものと予想される。

この環境配慮行動の促進という視点で、コミュニティの在り方、行動を支配する因子の社会心理学的な考察を取り扱った研究も近年増加している。社会学の立場から環境の

もつ価値の意味を考察した研究として、Dietz ら[34]の研究がある。彼らは、環境価値の構成を深く考察し、哲学的価値、経済的価値、社会学的価値の視点があることを明示している。また、これら 3 つの価値が総合された環境配慮主義へ向かう要素としては、自己満足、利他主義、伝統主義、公開主義の 4 つの要素が支配していること、この中で、利他主義が最も行動パターンを変化させると論じている。一方、アンケートやヒヤリングなどのフィールドワークに基づく研究も盛んに行われている。例えば、Axelrod ら[35]は環境配慮行動を誘発する役割を果たす要因分析を実施し、大学院生、コミュニティ居住者への調査結果の多変量解析から、環境保護に関する態度、問題の重要性、脅威認識、効能への信頼度の 4 つの要素が環境配慮行動を促進する支配的な因子であることを示している。また、Corraliza [36] は、125 名のランダムに選んだ大学生に対して、16 の環境配慮行動項目に関する調査を行い環境行動への支配因子を調べている。このデータの解析から、環境配慮行動は、個人的な変数と状況変数に依存し、これら 2 つの変数の衝突が大きいと行動制限され、方向が一致すれば行動が大きく増大する。特に、状況変数が最も重要であると結論づけている。すなわち、環境配慮行動の促進には、その行動が実施しやすい状況と個人の心理的モチベーションなどのマインドが符合することが必要条件であり、個人の心理的モチベーションは個人が置かれている状況に大きく支配されるため、個人が実施しようとしている環境配慮行動の意味、価値を定量的に明示できるような指標が求められることを意味している。一方、リサイクル問題を取りあげた研究として、Barr [37] は、家庭内廃棄物への環境行動に関して、環境価値、状況特性、心理学的因子の役割を検討している。UK の 673 名の住民への調査から、削減、リユース、リサイクルそれぞれの予測因子は大きく異なることが判った。削減、リユースは環境価値、環境への知識、関心といった因子を根拠に進められ、リサイクルは高い規範（倫理）行動によって進められると考察している。これらの先行研究でも示されているように、環境配慮行動の促進には、その行動の定量的な価値を容易に知らしめること、利他主義を啓蒙するコミュニティの形成が重要なポイントであると推察できる。日本においても震災以降の電力不足の状況下で節電行動が推進された。この際にスマートメーターや Web による電力データのオンタイム配信が重要な役割を果たした。上述の社会心理学からの環境配慮行動の研究成果から考えて、このネット情報に加えて、個人に利他主義、

信頼性、社会性を育む環境コミュニティの醸成が重要である。日本の地域社会では、古くから町内会をベースに利他的な活動が育まれてきた。一方、21 世紀に入って、インターネットによる双方向コミュニケーションが社会の中で大きく広がってきている。このツールは空間、時間の制約を大きく緩和でき、上手な利用方法を考えていけば、地域活動の強力なツールとなり得ると思われる。重要なことは、活動の主軸は地域社会の住民の現実的な活動であるが、これを支援するネット上での環境コミュニティを構築し、上述の自己満足、利他主義、公開主義を満足させる空間を創造していくことは効果的と考える。そこで、次に、インターネット・コミュニティの効用の可能性について考えるべく、既往の研究を概観する。

## 1.6 インターネット・コミュニティ（IC）に関する既往の研究

### 1.6.1 インターネット・コミュニティ（IC）とは

池尾[38]によると、インターネット・コミュニティは、元来のコミュニティとは比較して、地理的な束縛が少ない点、対面で交流する必要がない点、時間を越えて交流できる点、参加する以外に傍観することができる点などが異なる。また、インターネット・コミュニティは自然発生的ではなく、自発的・意図的に発生するため、メンバー自身が自主的に意識して参加しないと成り立たない部分がある。つまり、インターネット・コミュニティを考察する場合は、従来のコミュニティの考え方では説明できない現象が起りうるということである。それだけでなく、人と人の関わり方も従来のコミュニティとは大きく異なってくる。一方、インターネット上では、現実でのコミュニケーションに比べると自己表現の手段が大幅に制限される。すなわち、文字のみしか用いることが出来ず、文字のみで相手に様々な自己表現を行わなくてはならない。人々はその文字情報を単に字の羅列として捉えるのではなく、その文字から相手がどのような人物なのかを推測しながらコミュニケーションを行っていく。

### 1.6.2 インターネット・コミュニティの特徴

さて、インターネット・コミュニティを考える上では、その特徴を把握しておく必要がある。これに関する研究は多数なされており、インターネット・コミュニティの性質

を自己開示（自己意識、視覚的匿名性、自己概念）、自己呈示、対人関係、社会的アイデンティティという項目で整理して議論されている。藤原[39]によると自己開示とは、「自分自身の情報や感情を他者に伝えること」で、自己開示を相互に繰り返すことで、関係性を次第に高めあっていく。三浦ら[40]によると、インターネット上でのコミュニケーションにおいては、非言語的の手がかりが極めて少ないため、脱個人化し、「抑制のない」コミュニケーションが生じやすいため、この自己開示が促進される。

次に、川浦ら[41]によると、自己呈示とは、「他者からの肯定的なイメージ、社会的承認や物質的報酬などを得るために、自己に関する情報を意図的に調整して他者に伝達すること」である。インターネット・コミュニケーションでは、非言語的の手がかりの少なさが、自己呈示をコントロールしやすくなるという逆説的なメリットが発現する。また、コミュニケーション時に人々が感じる心理的負担感が低いこと、非言語的な手がかりが少ないことによって、認知的負荷が低く対面よりも自己呈示効力感を高く感じることに特徴をもつ。

インターネット・コミュニケーションにおける対人関係は、森尾[42]によると、物理的距離ではなく、接触頻度と類似性が対人魅力を規定するのに強い要因であると考えられる。これらのうちの1つでも相手に感じた場合、人々はその相手に好意を感じるようになり、関係性が高まっていくと結論づけている。また、ホッグとアブラムス[43]は、インターネット上の匿名掲示板のような自己が見えにくくなっている脱個人化作用が働いている場合には、そのコミュニティにおいて顕現性の高い集団の成員としてアイデンティティをもつとしている。そして、多種多様なレベルの匿名性による脱個人化作用は、そこに存在する集団のそのときの状況における行動するための規範や基準というものを遵守するように個人に圧力をかけてくる。個人が自分と集団を同一化する傾向が強くなるということは、その集団の他の成員との一体感やその集団の魅力の高まりへと繋がるといった性質を有していると言及している。

以上のように先行研究では、インターネット・コミュニティ全体において、どのようなコミュニケーションをとることで、相手と親しくなっていくのかということにしか触れられていない。上述のように、ネット上で環境コミュニティを醸成し、環境配慮行動へと結びつけていくには、インターネット・コミュニティ上での親密性が増進する要因

を明らかにしていくことが必要である。この観点で既往の研究を総括すると、これまでの研究は、専らインターネット・コミュニティがもつポテンシャルを評価、検証することに注力されており、インターネット・コミュニティを限定的に利用し、地域の顔が見える実社会での環境配慮活動を助長するための一支援ツールとして有効的に利用できる項目、内容は何かという観点の研究が無いのが現状であり、その利用スキームを考察していくことが望まれる。

## 1.7 本論文の目的と構成

以上、低炭素循環型社会の構築に必要な要素を抽出し、それに関連する既往の研究を概観してきた。既往の研究での現状を総括すると、まず、CO<sub>2</sub>問題が取り沙汰されて以来、各種環境評価法が開発されてきたが、LCAに代表される現在の評価法では、ある対象に対してエネルギー消費量やCO<sub>2</sub>排出量を客観的に評価するという方法論は、充実した研究が数多くなされており、その計算ツールも充実している。しかし、現状の研究では製品、技術に対して評価するというレベルにとどまっており、どのようにすれば良いかを演繹的に提示する手法の研究はほとんどない。地域社会を低炭素化するためには、これらの研究を発展させて、設計型で簡便に政策立案に反映できる評価法を考えていくことが望まれる。そこで、本研究では地域の低炭素循環資源としてバイオマス、有機系廃棄物を題材にして、エネルギー、コスト両面から有効に利用するための支援ツールを検討する。一方、環境配慮行動に関しては、その住民行動の定量的な価値を評価する方法は、既往の研究でも未だ検討されておらず、環境行動を推進するためのモチベーションを誘発する上でもコストに換算した新たな評価法の開発が望まれる。本研究では、これを評価する方法として、家庭内の電気製品、自家用車を例に取り上げ、省エネ行動のコスト評価法を提案し、その妥当性を考察する。

また、環境配慮行動の価値が定量的に評価され利用できる状況になっても、これを地域住民の環境配慮行動に効果的に反映させていくことが重要である。本論文では、その一つの方法論として、インターネット・コミュニティの利用可能性を検討する。先にも述べたように、インターネット・コミュニティの既往の研究では、一般的な特長や欠点などを言及する研究がなされている状況で、どのようなコミュニケーション内容が本質



的にインターネットを通じて、一体感を産み出し、町内会などの現実での環境配慮行動の促進に効果があるかを社会的に抽出し、整理したものはない。町内会などの地域社会をベースに、インターネットを介してどのような項目をどのような仕組みの中でコミュニケーションを図っていくかが、住民の環境配慮行動の促進には重要であると思われるが、これを系統的に扱った研究事例も皆無である。地域活動にとって最も重要な点は、住民間の親密性にあり、これをこれまでの町内会の付き合いにプラスして、インターネット・コミュニティを介した具体的な環境配慮行動への住民間の親密性を増すことが鍵である。そこで、本論文では、インターネット・コミュニティで、どのような内容が地域社会の住民間の親密性を向上し、どのような仕組みを考えれば、地域社会での実際の環境配慮活動にフィードバックされるかを検討した。

以上のことを纏めると、本論文では、低炭素循環型社会の構築を支援する方法論として、以下の項目に焦点をあてて研究を実施した。

- ① 廃棄物、廃熱価値評価法の開発
- ② 地域資源の有効利用法策定を支援する手法の開発
- ③ 環境配慮行動の価値評価法の開発
- ④ 環境配慮行動促進手段としてインターネット・コミュニティ利用の可能性

本論文ではこれらの検討項目に関して、新しい評価法の提案などを軸に研究を実施した成果をまとめたもので7章から構成されている、各章の概要を以下に記す。

まず第1章（本章）では、すでに述べてきたように、低炭素循環型社会を構築するために、都市ゾーンから森林ゾーンまでのエネルギー消費密度、CO<sub>2</sub>排出密度の勾配を低下させるという基本的な考え方を提示した。次に、それを実現するために必要な要素研究を文理両面から抽出し、既往の環境評価法や環境配慮行動の研究から今後進めるべき研究項目を明らかにした。これに基づき、第2章では、農村ゾーン内、森林ゾーンや農村ゾーンから都市ゾーンへの有機系廃棄物の高効率循環使用の技術選定を可能にするために、地域内にある有機系廃棄物、廃熱をエネルギー、コスト面からの価値を演繹的に同時に評価でき、かつ技術と連動した評価が可能な新しい手法を提案し、その使用法を明示するとともに、バイオマス廃棄物利用を例に、その有効性を検証した。第3章では、地域社会のエネルギー源として現在盛んに実施されているバイオマス利用に着目し、

政策担当者がより合理的かつ簡便にバイオマスの利用技術、各技術の比較を行える手法として、エクセルギーを評価するパスダイアグラムを提案し、熱分解・ガス化などの代表的なバイオマス廃棄物転換技術に適用して廃棄物のエクセルギーから見た価値が利用する技術によってどのように変化するかを評価した。また、第2章で提案したコストダイアグラムと組み合わせた解析法も提示し、政策担当者が簡便にバイオマス利用スキームを選定する支援ツールについて検討した。

第4章では、消費サイドの環境配慮行動に関する価値の定量化を検討した。消費者が適切な行動（環境配慮製品購入か環境配慮行動か）を意志決定できるように、両者を対比させて定量的に比較評価できる手法の開発が望まれる。この観点から、まず環境行動を柔軟かつ定量的に考えるための新環境評価指標を提案した。次に、この環境評価指標に基づいて、環境配慮製品及び旧製品のLCA解析を用いて、ライフサイクル中のCO<sub>2</sub>排出量とライフサイクルコストのプロファイルを比較して環境配慮行動のコストを新製品導入に対比させて評価する手法を提案した。提案した手法をエアコン、冷蔵庫、自動車などの主要な家庭製品に適用し、取るべき環境配慮行動の程度の定量化、その行動の1kg-CO<sub>2</sub>削減あたりの価値を算出する方法を提示し、その有用性を検証した。

一方、第5章では、環境配慮行動を促進するための方策として利用できるインターネット・コミュニティを醸成していく上で、最も重要な鍵となる住民間の親密性向上のためにどのような要素を含む場にすべきかを明らかにするために、3種類の掲示板でのコミュニケーションのデータに用いて親密化プロセスを解析し、インターネット・コミュニティにて親密性が発現する要因を明らかにした。また、これに基づき、環境配慮行動を増進するためのインターネット・コミュニティの在り方、内容について考察し、低炭素循環型社会での果たす役割に関して議論した。

第6章では、第1章で提案した、低炭素純化型地域社会構築のための基本的な考え方に基づき、中山間地域の例として宍粟市のデータを用いて、第2～4章で提案した手法によって、低炭素化設計の試みを行った。また、この低炭素化で最も重要な環境配慮行動を増進するために、第5章の親密性増進の要素解析結果をもとに、インターネット・コミュニティを組み込んだ地域環境コミュニティのモデルを提案し、その中でのソーシ

ナルネットワークの役割を明らかにした。そして第7章では、上記の研究を総括し本論文で得られた成果、今後の研究の展開について纏めた。

## 参考文献

- [1] (独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (2010): バイオマスエネルギー導入ガイドブック.
- [2] (財) 新エネルギー財団 (編), (社) 日本エネルギー学会 (編集協力): バイオマス技術ハンドブック, (オーム社, 2008).
- [3] 総務省ホームページ: [http://www.soumu.go.jp/main\\_sosiki/hyouka/seisaku\\_n/ketsyka.html](http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/hyouka/seisaku_n/ketsyka.html) (Accessed 11.03.2013)
- [4] 大隈 修 (2013): 国内事例にみるバイオマス利活用事業の成立要件と実効性の評価, 環境科学会誌, 26(1), pp. 32-41.
- [5] Linnhoff, B., Townsend, D.W., Boland, D., Hewitt, G.F., Thomas, B.E.A., Guy, A.R., Marsland, R.H. (1982): A user guide on process integration for the efficient use of energy 1st edition, IChemE, UK.
- [6] Smith, R. (1995): Chemical Process Design, McGraw-Hill, New York.
- [7] Curran, M.A. (1994): Life-cycle Assessment: Inventory Guide-lines and Principles, 1<sup>st</sup> edition, CRC-Press, USA.
- [8] (社) 未踏科学技術協会編: LCA の全て, (工業調査会, 1995).
- [9] 産業環境管理協会: Software of JEMAI-LCA Ver. 1.01.
- [10] 石川雅紀 (1998): リサイクルと LCA, 廃棄物学会誌, vol.9, No.4, pp.328-336.
- [11] 稲葉陸太 (2003): リサイクルに関する LCA 研究の整理, 廃棄物学会誌, vol.14, No.6, pp.321-332.
- [12] Hunt, R.G. (1995): LCA considerations of solid waste management alternatives for paper and plastics, Resources, Conservations and Recycling, vol. 14, No.3-4, pp.225-231.
- [13] Ross, S., Evans, D. (2002): Excluding site-specific data from the LCA inventory: How this affects life cycle assessment, The International Journal of Life Cycle

Assessment, vol.7, No.3, pp.141-150.

- [14] Beccali, G., Cellura, M., Mistretta, M. (2001): Managing municipal solid waste: Energetic and environmental comparison among different management options, The International Journal of Life Cycle Assessment, vol.6, No.4, pp.243-249.
- [15] 平井康宏, 村田真樹, 酒井伸一, 高月紘 (2001): 食品残を対象とした循環・資源化処理方式のライフサイクルアセスメント, 廃棄物学会誌, vol.12, No.5, pp.219-228.
- [16] Finnveden, G. (1999): Methodological aspects of life cycle assessment of integrated solid waste management system, Resources, Conservations and Recycling, Vol.26, No.3-4, pp.173-187.
- [17] Mjorklund, A., Dalemo, M., Sonesson, U. (1999): Evaluating a municipal waste management plan using ORWARE, Journal of Cleaner Production, vol.7, No.4, pp.271-280.
- [18] Weitz, K., Barlaz, M., Ranjithan, R., Brill, D., Thorneloe, S., Ham, R. (1999): Life cycle management of municipal solid waste, The International Journal of Life Cycle Assessment, Vol.4, No.4, pp.195-201
- [19] Hassan, M. N., Awang, M. (1999): The application of an life cycle inventory (LCI) model for solid waste disposal systems in Malaysia, The International Journal of Life Cycle Assessment, Vol.4, No.4, pp.188-190.
- [20] 社団法人 産業環境管理協会「環境会計委員会」編集: 環境管理会計手法ワークブック、(経済産業省産業技術環境局環境政策課, 平成14 年6 月).
- [21] Bennett, M., James, P. (eds.): The Green Bottom Line, (Greener Publishing, 1998).
- [22] 國部克彦: 環境会計 (増補改訂版), (新世社, 2000)
- [23] 國部克彦 (2000): 環境調和型製品開発のためのマネジメント手法の統合ーコスト情報と意思決定の関連性を求めて-, 原価計算研究, Vol.24, No.1, pp.1-10.
- [24] 國部克彦: 社会と環境の会計学, (中央経済社, 1999).
- [25] Jasch, C. (2003): The use of environmental management accounting (EMA) for identifying environmental costs, Journal of Cleaner Production, Vol.11, No.6, pp. 667-676.

- [26] Burritt, R.L., Saka, C. (2006): Environmental management accounting applications and eco-efficiency: Case studies from Japan, *Journal of Cleaner Production*, Vol.14, No.14, pp.1262-1275.
- [27] 環境省報告書：事業者の環境パフォーマンス指標－2000年度版－：資料1 諸外国等における環境パフォーマンス指標に関する研究状況, (環境省, 平成13年2月).
- [28] DeSimone, L. D., Popoff, F. (1997): The world business council for sustainable development (WBCSD): Eco-efficiency- the business link to sustainable development-, MIT, pp. 69-120.
- [29] 社団法人 日本電機工業会、株式会社 三菱総合研究所：平成18年度経済産業省委託調査報告書、「製品の環境配慮情報提供の在り方に関する調査研究事業 報告書：第4章 環境配慮設計規格、ガイドライン等の動向及び適合性評価手法に関する分析・検討」, 平成19年3月
- [30] Aoe T. (2005): Simulation of factor X on home appliances at a household in Japan, *Jpn. Inst. Energy (in Japanese)*, Vol.84, No.10, pp.861-871.
- [31] Aoe T. (2005): Development of eco-efficiency indicator (Factor X) and a case study on washing machines, *J. Jpn. Inst. Energy (in Japanese)*, Vol.84, No.10, pp.1001-1011.
- [32] Aoe T. (2006): Eco-efficiency (Factor X) for electrical and electronic products and a case study on home appliances in a household, *Materials Transactions*, Vol.47, No.3, pp.913-922.
- [33] 博報堂生活総合研究所：世界8都市・環境生活調査, 博報堂生活総合研究所, 生活総研 Research News, 2008.5.14.
- [34] Dietz, T., Fitzgerald, A., Shwom, R. (2005): Environmental values, *Annual Review of Environment and Resources*, Vol.30, pp.335-372.
- [35] Axelrod, L. J., Lehman, D. R. (1983): Responding to environmental concerns: What factors guide individual action?, *Journal of Environmental Psychology*, vol.13, No.2, pp.149-159.
- [36] Corraliza, J. A. (2000): Environmental values, beliefs, and actions- A situational approach, *Environment and Behavior*, Vol.32, No.6, pp.832-848.

- [37] Barr, S. (2007): Factors influencing environmental attitudes and behaviors: A U.K. case study of household waste management, *Environment and Behavior*, Vol.39, pp.435-473.
- [38] 池尾恭一編：ネット・コミュニティのマーケティング戦略ーデジタル消費社会への戦略対応，(有斐閣，2003).
- [39] 藤原武弘（2009）：対人関係と対人魅力，社会心理学，晃洋書房，pp.101-113.
- [40] 三浦麻子，川浦康至，森尾博昭編：インターネット心理学のフロンティア，(誠信書房，2009).
- [41] 川浦康至，三浦麻子，森尾博昭：インターネットにおける自己呈示・自己開示，インターネット心理学のフロンティアー個人・集団・社会，(誠信書房，2009).
- [42] 森尾博昭（2009）：CMC と対人過程，インターネット心理学のフロンティア，誠信書房，pp.88-115.
- [43] Hogg, M. A., Abrams, D.: *Social Identifications: A Social Psychology of Intergroup Relations and Group Processes*, (London, Routledg, 1988) （＝吉森護，野村泰代訳：社会的アイデンティティ理論-新しい社会心理学体系化のための一般理論，(北大路書房，1995)) .

## 第2章 有機系廃棄物・廃熱価値評価法の開発

### 2.1 序論

第1章で述べたように、低炭素循環型社会へ変革していくには、農村ゾーン内、森林ゾーンや農村ゾーンから都市ゾーンへの有機系廃棄物の高効率循環使用が求められる。すでに日本の各地で廃棄物利用、バイオマス利用が盛んにおこなわれているが、その政策執行手順は、地域の廃棄物資源を把握し、転換技術の選定を行うというものが多く、その廃棄物を利用する意義があるか否か、選定した技術が最適かどうかを予め定量的に知ることが難しいのが現状である。また、コスト的、エネルギー的に自立しないケースも見受けられる。

一方、地域に立地する各種工場では、熱のカスケード利用による省エネが進み、 $T-Q$ 線図に基づくピンチテクノロジー[1,2]を利用して、最適システムを検討されている。しかし、ユーティリティの水蒸気廃熱を始め、種々の熱利用しづらい  $200^{\circ}\text{C}$  以下の低グレードの廃熱が存在する。熱は、そのエネルギー量が多くても、エントロピー増大速度が大きく、直ぐに冷却されてしまう、遠距離移動できないという欠点を有している。しかしながら、社会学的視点からみると、個々の技術（企業体）に、地域の社会的責任の一つとして、地域社会全体の中での役割を分担させれば、その社会での価値が高まると思われる。すなわち、地域での廃棄物変換利用の中では、廃棄物の乾燥など、地域全体でシステムを考えていけば、十分利用価値のあるエネルギー源である。これらの状況を考え合わせると、地域の有機系廃棄物と廃熱を組み合わせた変換スキームの設計、評価していくことが重要と考えられる。

このような観点で、有機系廃棄物の評価法を概観すると、エネルギー面の評価としては、ライフサイクルアセスメント（LCA）[3, 4]を基本とするものがほとんどで、古くはプラスチックのリサイクル評価を検討したものが有名である[5-8]。その後、バイオマス利用の高まりから、有機系廃棄物からアルコール、熱、電気を製造するときの LCA 解析の研究も報告されている[9-13]。他方、廃棄物管理の観点から環境管理勘定（EMA）によるコスト評価も提案されている[14, 15]。この EMA は廃棄物管理のコストインパクト

トを効果的に評価できる有力な手法であるが、ある状況の廃棄物の評価であり、合理的な廃棄物利用シナリオを演繹的に提示する方法にはそのままでは使えない。このように、LCA を軸とする評価法は与えられたシステムに対する非常に強力かつ有用な評価ツールである。しかし、文系的視点からみると、社会の中で有機系廃棄物や廃熱の意義を明確にし、社会に必要な対象であることを認識させる意味でも、対象とする有機系廃棄物や廃熱のエネルギーとしての価値、経済的価値を明確にすることが重要であると思われる。さらに、できればそれらの価値を演繹的に同時に評価でき、かつ技術と連動した評価が可能な手法の開発が望まれる。先行研究では、評価という観点に主眼が置かれており、地域資源を有用に利用する技術をコスト的に合理的に設計支援する方法論に関する研究はない。そこで、本章では、以上の観点にたって、有機系廃棄物、廃熱の価値を技術と連動させて製造コスト評価する新手法を提案し、それに基づいてバイオマス廃棄物からの水素製造技術を具体的に評価し、提案した方法の有効性を検証した。

## 2.2 提案する評価法の概要

### 2.2.1 廃棄物価値の基本的な考え方

従来、廃棄処分の対象でしかなかった廃棄物・廃熱を新たな資源として創生させて再利用するプロセスを構築していくためには、その廃棄物・廃熱の価値を適切に評価することが重要になってくる。この評価によって、再生技術の善し悪しも大きく左右する。そこで、ここでは廃棄物・廃熱処理をおこなう要素技術と連動させた廃棄物・廃熱価値の評価法を検討する。具体的な評価手法を述べる前に、まず廃棄物価値をどのように考えていくべきかを社会的費用の視点で考察した。その基本的な考え方を以下に述べる。

通常、例えば1つの工場において生じる廃棄物や廃熱は、外界に影響を与えないような処理を行ったのち系外に排出される。言い換えれば、このような廃棄物は負の価値を持っている。しかしながら、その廃棄物が別の製品生産の原料として使えるのであれば、原料に対応する正の価値を持つ。更に積極的に、その廃棄物に何らかの処理を行うことで、より高い正の価値を持つ製品に変換するということも考えられる。

図 2.1 は、ある物質 A の価値の多様性について示したものである。物質 A は、

- ・ そのまま廃棄



- ・ ある処理をして廃棄
- ・ そのまま他の製品の原料に利用
- ・ ある処理をして別の製品の原料に利用
- ・ ある処理をして別の製品として販売

等、さまざまな利用法や処理法が考えられる。管理不要な安定廃棄物の価値を 0 とみなせば、それぞれの利用法によって、物質 A のもつ価値は異なったものとなる（図縦軸の太線位置が価値に相当）。以上の議論は、物質のみならず熱についても当てはまる。

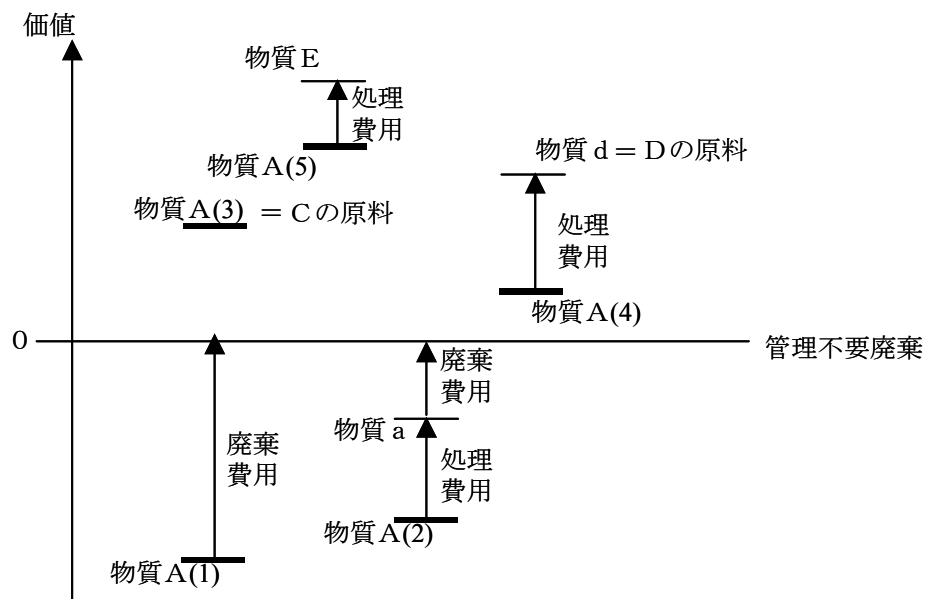


図 2.1 物質 A の価値

この図を書くためには、

- ・ 物質 A に施すことのできる処理とその費用
- ・ 処理を施した後の物質の価値

が既知でなければならない。これらの情報がわかれば、その情報から物質 A のもつ現状の技術レベルでの最大の価値を求めることができる。

このように考えると、1 つの工場における環境負荷軽減の可能性<sup>注 1)</sup>は、本来有効に利用できる廃棄物や廃熱がどれだけ無駄に捨てられているか、という指標で評価できる。

注 1) 環境負荷低減を、廃棄物のもつ価値で測ろうとする考え方は、高付加価値製品では、物質の価値はその生産につぎ込んだエネルギー量に比例する、という仮定に基づいている。但し、この仮定には議論の余地があり、今後継続して検討していく必要がある。

例えば、図 2.1 において、現状で物質 A にある処理を施して D の原料としているとする。  
この場合、他に図に示すような利用法が可能であるとすれば、

$$\{ \text{物質 A (5)の価値} - \text{物質 A (4)価値} \} \times \text{物質 A 排出量}$$

が、現状における無駄であり、効率改善の可能性を示す指標となる。

この指標は、現在の技術レベルやその地域・工場の特性を組み込んだ指標であるという点で、従来のライフサイクルアセスメント解析などで用いられている指標と異なる。そして、廃棄物の新たな転換技術が開発されれば、その工場の環境負荷軽減の可能性は高まり、指標の値も変化する。この様な指標を導入することにより、新たな技術が環境負荷軽減にどれほど有用かも評価でき、どのような技術を開発すべきか、という問題に対する指針を与えることもできる。また、廃棄物を燃焼して熱として回収すべきか、あるいは原料として回収すべきか、というような様々な代替案の評価の比較にも利用できる。

以上の考察から、本研究で提案する指標の前提条件は以下のようにした。

#### < 指標の前提条件 >

各物質（通常廃棄物を想定）が現状で潜在的に持っている価値に着目し、それが安定な状態で廃棄されるまでの利用可能性を評価する。その物質が、どのように生産されたかについては考慮しない。利用可能性は、工場や地域等の特性に依存することから、比較的小規模な範囲に限定した手法である。

また、利用可能な技術によっても変化するローカルな指標である。

この指標計算を現実の系に適用するためには、物質 A に施すことのできる処理とその費用、および処理を施した後の物質の価値、が必要であると述べた。これらを求めるためには、以下の点について検討する必要がある。

#### ① 系外に出ていく物質の価値の決定法

本研究で扱う価値は、システムバウンダリーを定めて初めて意味を持つ価値である。そして、システムバウンダリーから外部に出る物質については、それぞれ価値を定めておく必要がある。廃棄物については、その物質を管理不要な状態にするのに必要な処理費用を、その物質の負の価値とすればよい。系外で利用される物質については、何らかの方法でその価値を定めなければならない。

## ② 量のバランス

ある物質の価値が高いといっても、需要量以上に供給しても利用できない。物質によっては、総需要量の上限を考慮する必要がある。特に、廃熱等システムバウンダリー内のみで利用可能な資源については、多くの場合需要量上限値が存在する。

## ③ 処理コストについて

ある物質を別の物質に変換するのに必要なコストは、

変換用設備の償却費＋エネルギー費－処理によって生じた副製品の価値

で計算できる。副製品については、その利用法によって様々な価値を持つと考えられ、副製品に対しても最適な利用法での価値を割り当てる必要がある。設備償却費の量依存性は当面考慮しない。また、エネルギー費については、廃熱の価格をどう考えるかによって、2通りの考え方がある。一つは、廃熱コストを0と考える方法である。廃熱は時間的に保存ができず、また利用可能場所も限定される（輸送できない）。従って、利用可能な対象がなければ、価値はない。これを利用するのであるから、コスト0で利用できるとする考え方である。もう一つは、廃熱と同等の熱を通常の方法で生産するのに必要なエネルギー価格（通常石油利用）を、その廃熱の価値とする考え方である。図2.2に、2つの考え方による処理費用を示す。

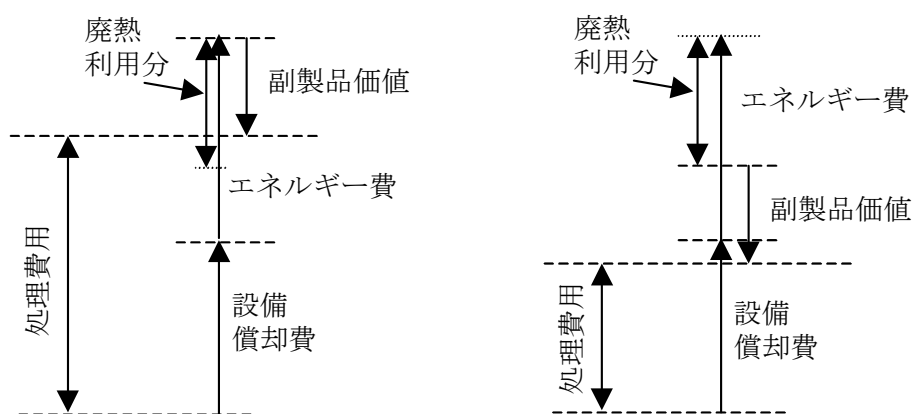


図 2.2 処理費用の考え方（左：廃熱を考慮せず、 右：廃熱価格0）

リサイクル技術の本質的なポイントとして、リサイクルして本当にエネルギー的にプラスになっているかどうかという点があげられる。また、同じ廃棄物であっても再生技術によって回収される形が異なり社会的価値が変化するので、廃棄物価値を単にエンタ

ルピーといった一元的な指標ではなく、技術も加味した形で廃棄物価値を評価することが重要である。このように、社会的費用の観点からは定性的に廃棄物価値の多様性、条件による違いは考察できるが、これを間違いなく政策立案等に生かしていくには、価格、費用などの定量的な扱いが必要である。一般に経済学、社会便益を考える上では、資源価格はエネルギー価格として表現される。このエネルギー価格に基づけば、現在のエネルギーに係る制度設計や政策立案と共通の土俵で扱える。さらに、廃棄物のエネルギー価格とは何かを考えた場合、廃棄物の熱量と廃棄物からの製品価格に着目していけば良いと考えた。これらの観点からここでは、有機系廃棄物に特定化して、その廃棄物価値評価するためのコストダイアグラムを提案する。このダイアグラムは、廃棄物に外部からエネルギーを投入して、ある製品を製造する際に必要なエネルギーコスト（技術によって外部投入エネルギー量が異なる）を算出し、提案するダイアグラム上で、既存の製造エネルギーコストと比較して、その差から廃棄物のエネルギーコストとしての価値を評価するための作図法を実施するというものである。

### 2.2.2 計算、作図する上での仮定

まず、作図するにあたり以下の仮定を設けた。

- ① 簡単のために、有機廃棄物と廃熱で製品として水素、熱を回収する系を考える。
- ② 廃棄物、廃熱のコストは 0 円とする。
- ③ オンサイトで利用することが圧倒的に多いため時定数は考えない。
- ④ バージン資源からの投入エネルギーは重油で代表させる。
- ⑤ 資源価値を評価することを目的にしているので、操作温度は考えない。すなわち、エンタルピー変化は 25℃での反応熱、相変化のみを考え、顕熱は無視する。

### 2.2.3 コストダイアグラム作成のための基礎式

コストダイアグラムの作成にあたり、基本となるエネルギー収支について考える。

#### (1) 廃棄物から熱以外の製品を製造する場合のエンタルピー収支式

廃棄物・廃熱を用いて製品を製造する場合のエンタルピーを 1 年あたりで考える。

反応式は式(2-1)で表現され、式(2-2)のエネルギー収支式が成立する。

$$\text{廃棄物} (Q_m) + Q_R \rightarrow \text{製品} (Q_P) \quad (2-1)$$

$$Q_P = Q_m + Q_R \quad (2-2)$$

ここで、 $Q_P$  [kJ/年]は製品の持つ正味のエンタルピーである。一方、 $Q_m$  [kJ/年] は M mol/year 排出される有機系廃棄物が持つ正味のエンタルピーで、廃棄物の標準生成エンタルピー  $\Delta H_{R,298}$  [kJ $\cdot$ mol $^{-1}$ ]に標準状態 298[K]から廃棄物温度  $T$  [K]に上げるために必要な熱量を加えたものとなる。 $Q_R$  [kJ/年] は廃棄物から製品を製造するために必要なエネルギーで、出来る限り廃熱を用いることとし、その廃熱量を  $Q_w$  [kJ/年]、外部から新たに追加しなければならないエネルギーを  $Q_s$  [kJ/年] とすると式(2-3)が成立する。

$$Q_m = M \left( \Delta H_{R,298} + \int_{298}^T C(t) dt \right) \quad (C \text{ は熱容量 [kJ}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]) \quad (2-3)$$

$$Q_R = Q_w + Q_s \quad (2-4)$$

これらのエンタルピーをエネルギー準位図に表すと図 2.3 のようになる。このことをもう少し具体的に示すと、例えば、炭素の水蒸気ガス化  $C + H_2O \rightarrow CO + H_2$  の合成ガスを製造する技術を考えて場合、式 (2-2) の  $Q_R$  は、反応式中の生成物の生成エンタルピー  $Q_P$  と原料のエンタルピー  $Q_m$  の引き算から、393.27 kJ/mol-C と算出される。すなわち、炭素から合成ガスを得るには、理論的に外部から原料炭素 1mol あたり 393.27 kJ のエンタルピーを供給する必要があることを示している。この供給エンタルピーの一部に廃熱を利用することで、外部から供給するエンタルピーは式(2-4)に示すように、廃熱分を引いた量となる。

## (2) 廃棄物を燃料として利用し熱を回収する場合のエンタルピー収支式

廃棄物・廃熱を燃料利用する場合を考える。反応式は式(2-5)のようになる。



ここで、 $Q_m$ 、 $Q_R$  は製品製造の時の取り扱いと同様、式(2-3)、(2-4)で表される。これをエネルギー準位図に表すと図 2.4 のようになる。

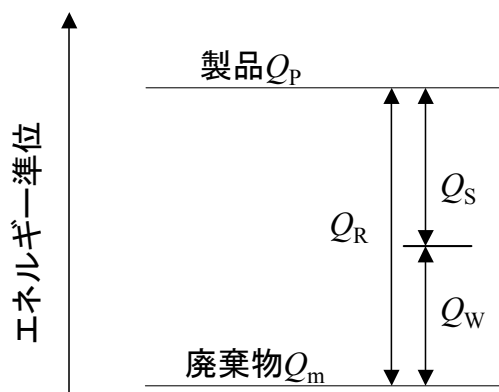


図 2.3 製品製造のエネルギー準位図

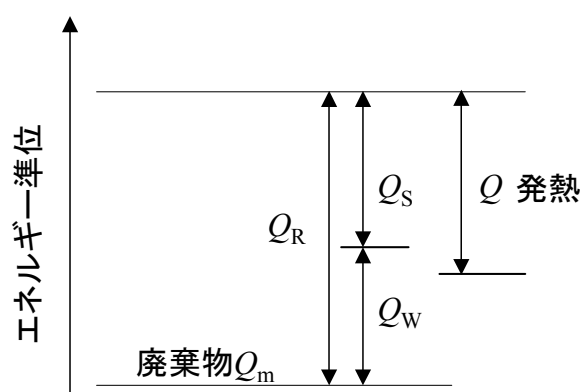


図 2.4 燃料利用のエネルギー準位図

#### 2.2.4 コストダイアグラムの作成手順

上述の式で、有機系廃棄物を変換する際に必要なエンタルピーを算出できることが判った。これをコスト評価へと繋ぐために、エネルギー価格（単位エンタルピーあたりのコスト）という指標の導入を考える。ここでは、有機系廃棄物、廃熱を対象とし、燃焼や水素エネルギー、炭化物などのエネルギー資源として発生施設内でリサイクルする場合に限定し、上述のように、①廃棄物、廃熱のコストは 0 円とする、②新規投入必要エネルギーは重油で換算、③ランニングコストのみを考えると仮定した。

まず、ベースとして、図 2.5 に示すように、[質]対[量]のプロットとして、横軸に量の指標として、エンタルピー[kJ/年]を、縦軸に質の指標として、製品コスト [円/年]を選定した。この図を用いると、原点を通る直線の傾きはエネルギーコスト[円/kJ]を表現できる。これより、対象とする製品の現行法（Virgin 有機資源からの製造）によるエネルギーコストラインを引く。一方、評価時に必要な外部からの供給エンタルピーは、重油を使用するとして、重油換算エネルギーコストラインを引いておく。このグラフの傾きはエネルギーコストなので、天然ガス、石炭などの化石資源のエネルギーコストは当然のことガス料金も同様にプロットできる。また、横軸の単位は kJ/年であることから、定数を掛けることで kWh に換算できるので、電力料金や太陽光などの自然エネルギーのコストも同一図上の直線で描ける。よって、例えば、廃棄物発電による CO<sub>2</sub> 削減量あたり廃棄物や廃熱の価値が太陽光発電に比べどの程度あるかとか、太陽光発電コストラインとその補助額から換算した廃棄物発電の補助額の推定などにも展開可能である。

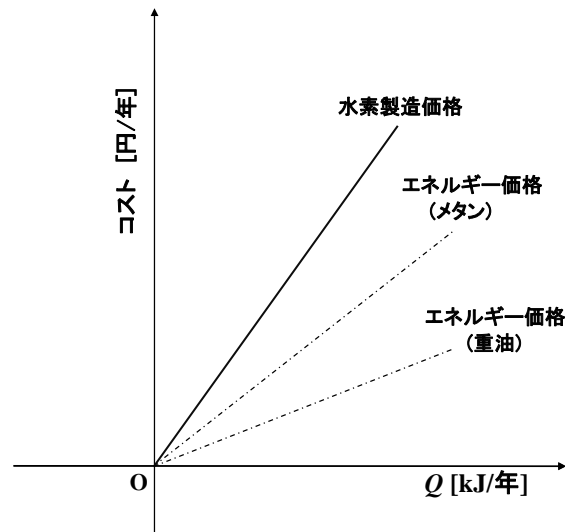


図 2.5 提案したコストダイアグラムのもつ意味

このように策定したダイアグラムをベースに有機系廃棄物と廃熱の価値を評価していく。その手順を以下に示す。

手順 1) 上述に示した手順で製品コストライン及び重油換算コストライン（1.5 円/MJ）

を引き、図 2.6(a)に示すように、バイオマス廃棄物の元素分析値、水分量データから含水有機系廃棄物の正味のエンタルピー $Q_m$ を計算し、横軸上にプロットする（点 M）。

手順 2) 次に、利用可能な廃熱量の総和（図中  $Q_w$ ）を足した  $Q_m + Q_w$  を x 軸上にプロットする（点 W）（図 2.6(b)）。

手順 3) これより、廃棄の物質質量から上述のエンタルピー収支式に従い計算される製品製造に必要な反応エンタルピー $Q_T$ に対して、新たに投入すべき熱量を  $Q_s$  が横軸上で決定される（図 2.6(b)）。

手順 4) 次に、図 2.6(b)に示すように、先に決定された  $Q_T (= Q_m + Q_w + Q_s)$  は、熱損失のない理想状態での最小必要エンタルピーであるため、これを製造プロセスの熱効率で割った値が実際に必要な総エンタルピー $Q_A$ となる。これより、製造するために実際に投入すべきエンタルピー $Q_1$ は  $Q_1 = Q_A - Q_m - Q_w$  となる。すなわち、同じ原料から同じ製品を製造する場合でも、採用するプロセスによって効率が異なる。効率が悪いプロセスでは、 $Q_1$  の値が大きくなる。このように、 $Q_1$  の大きさによって、技術の優劣を判断する。

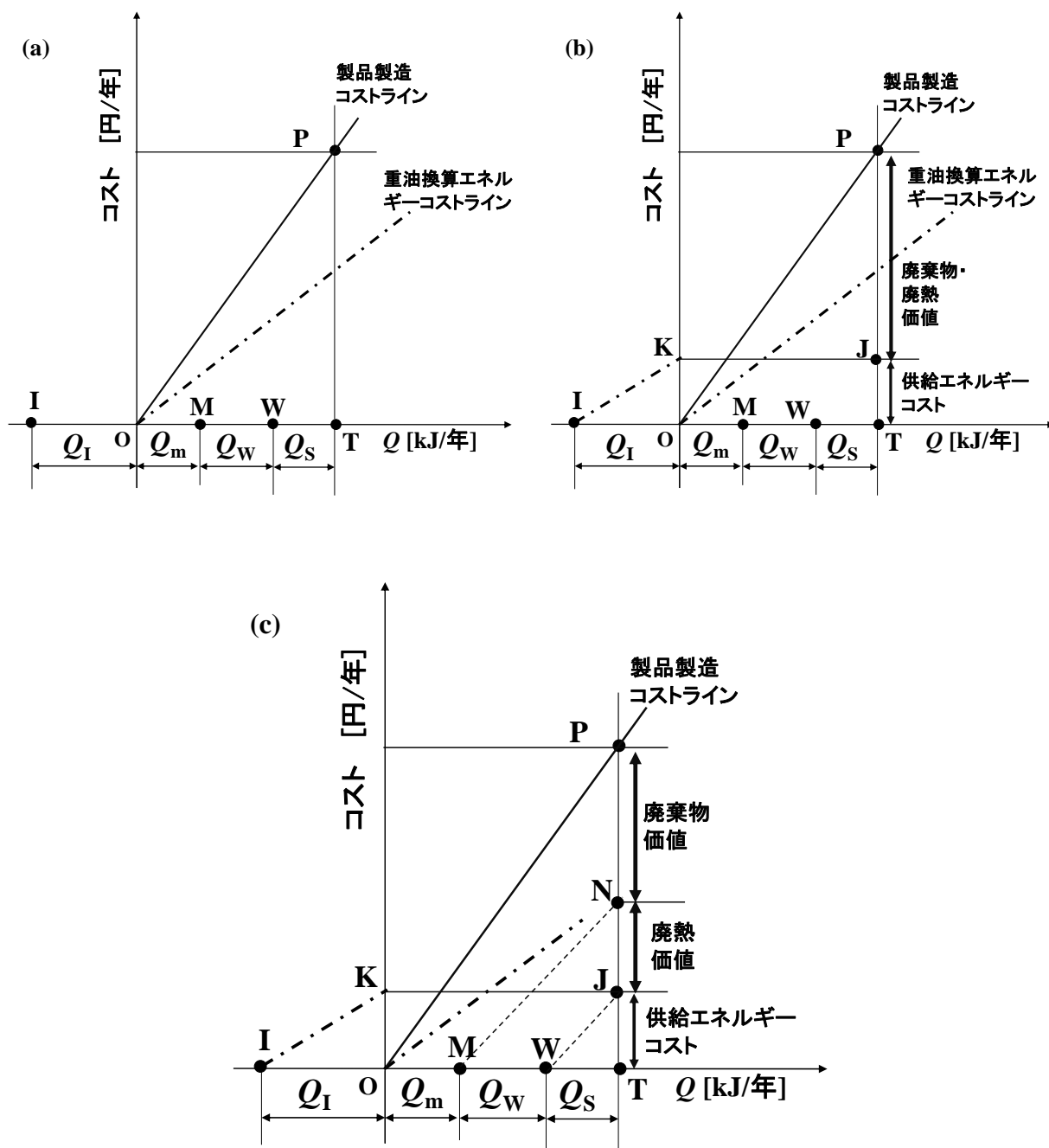


図 2.6 提案したダイアグラムによる廃棄物・廃熱価値評価手順

手順 5) 以上の手順によって、図 2.6(b)に示すように、有機廃棄物と廃熱を最大限利用して変換し、製品を製造する際の新規投入エネルギーが重油換算で計算される。その値 ( $Q_I$ ) にマイナスを乗じた値を横軸上にプロットする (点  $I$ )。ここで、廃熱及び廃棄物の価格は 0 と設定しているため、製品製造に必要なコストは新規に投入するエネルギー (重油換算) 分だけである。図 2.6(b)に示すように、点  $I$  を通るよう重油換算エネルギーコストラインを平行移動させ、 $y$  切片  $K$  を得る。



この  $K$  の値 (=線分  $JT$ ) が重油換算の投入エネルギーコストとなる。これより、直線  $PT$  上で線分  $PJ$  が廃棄物・廃熱価値に相当し、点  $P$  がピンチポイントになる。

手順 6) また、廃棄物、廃熱の価値を分離することも可能である。図 2.6(c)の直線  $WJ$  はある技術で実施したときの追加エネルギーを熱効率で割った重油換算コストラインに相当する。廃熱利用は単純に熱供給のみなので、同じ傾き（同じ製造プロセスの熱効率）で割った重油換算コストラインで評価可能であるので、直線  $WJ$  に並行に点  $M$  から直線を引いて、直線  $PT$  との交点を  $N$  とする。これより、線分  $JN$  が廃熱価値、線分  $NP$  が廃棄物価値となる。

一方、燃焼して燃料利用する場合は、図 2.7 に示すように、上記手順 1)、2)でプロットした  $Q_m + Q_w$  から、重油換算エネルギーコストライン上の点  $C$  を求めると燃焼時の廃熱 + 廃棄物価値（線分  $CW$ ）が決定される。

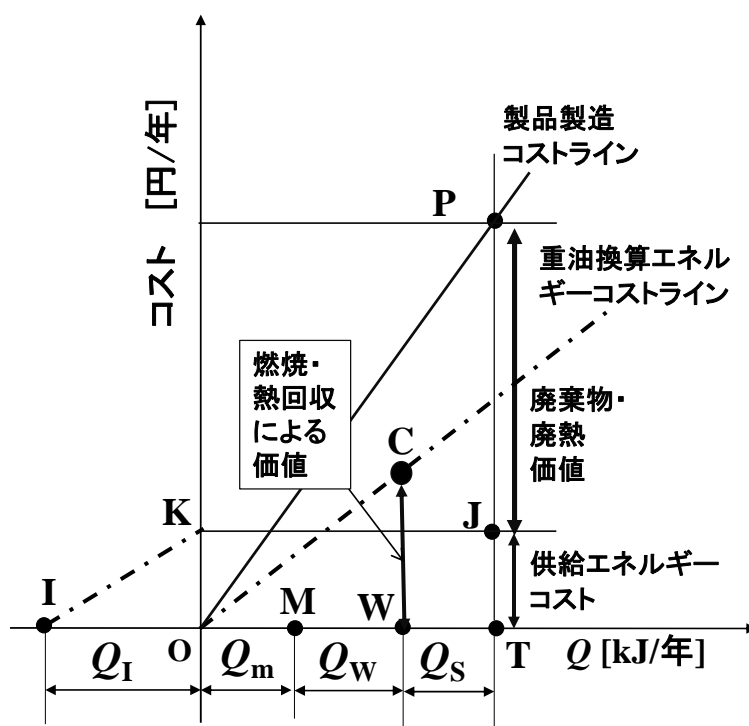


図 2.7 燃焼利用のピンチダイアグラム

## 2.3 コストダイアグラムを利用した各種評価手法

### 2.3.1 技術による廃棄物・廃熱価値の変化

周知のように、廃棄物をリサイクルする場合、その技術によってリサイクルした方がバージン資源を使うよりコスト高になり、エネルギー（ $\text{CO}_2$  排出量）も多くなってしまう

う場合がある。しかし、これまでの評価法では、コストや  $\text{CO}_2$  排出量の両面からリサイクルの可否、技術の優劣を同時に定量的に評価する手法は皆無である。2.2 で説明したコストダイアグラムを用いれば、これらを定量的に評価可能である。以下、その評価手法を示す。

廃棄物を処理する技術によって、製品を製造するためのエネルギー原単位（熱効率）が変わる。すなわち、廃棄物＋廃熱のエンタルピーと新たに投入するエンタルピーの総和  $Q_A$  が変化し、これに伴い  $Q_i$  が変わる。同じ製品を製造する場合でも、熱効率の悪い技術ほど  $Q_i$  が大きくなる。そこで、それぞれの技術に対応した  $Q_i$  を決定し、上述と同様の手順で、ある 2 種類の技術の比較を行ったダイアグラムを図 2.8 に示す。図 2.8(a) は熱効率の良い技術で、図 2.8(b) は熱効率の悪い技術を示した。図 2.8(a) と比較して、図 2.8(b) の場合、点 J の値が大きくなるため、線分 PJ は小さくなり廃棄物・廃熱価値が小さくなる。さらに熱効率が悪い技術を採用すると、点 J がピンチポイント P よりも上になり廃棄物利用の価値がなくなる。

また、上述の手順に従って廃棄物、廃熱の価値（線分 JN が廃熱価値、線分 NP が廃棄物価値）を分離した結果を比較すると、図 2.8(b) の場合、廃棄物価値は多少あるが、もっと熱効率の悪い技術になると、点 J の値が大きくなり、直線 WJ、MN の傾きが大きくなって、点 N が点 P より上になる。この場合、廃熱価値はある程度あるが、廃棄物価値は負のコストとなり、廃棄物は別の技術で処理し廃熱回収のみ実施した方が良いという判定になる。

一方、横軸上にある各点の値からエネルギー面での評価も可能である。バージンの資源から製造する際に必要なエンタルピー  $Q_T$  に対して  $Q_i$  が小さければ、エネルギー的にはプラスということになる。また、重油換算で考えると、 $Q_T - Q_i$  に相当するエンタルピーの重油量から排出される  $\text{CO}_2$  量が削減できたことになる。逆に、 $Q_T$  に対して  $Q_i$  が大きい（ $Q_T - Q_i < 0$ ）の場合、バージン資源からの製造よりも  $\text{CO}_2$  を多く排出していることになり、コストは安く済んだとしても環境面からは意味をなさない。ただし、資源節約という観点では意味がある。以上、提案したコストダイアグラムは技術と連動してエネルギー（環境）、コスト両面から、その技術が合理的かどうかを簡便かつ定量的に判定できることを示した。

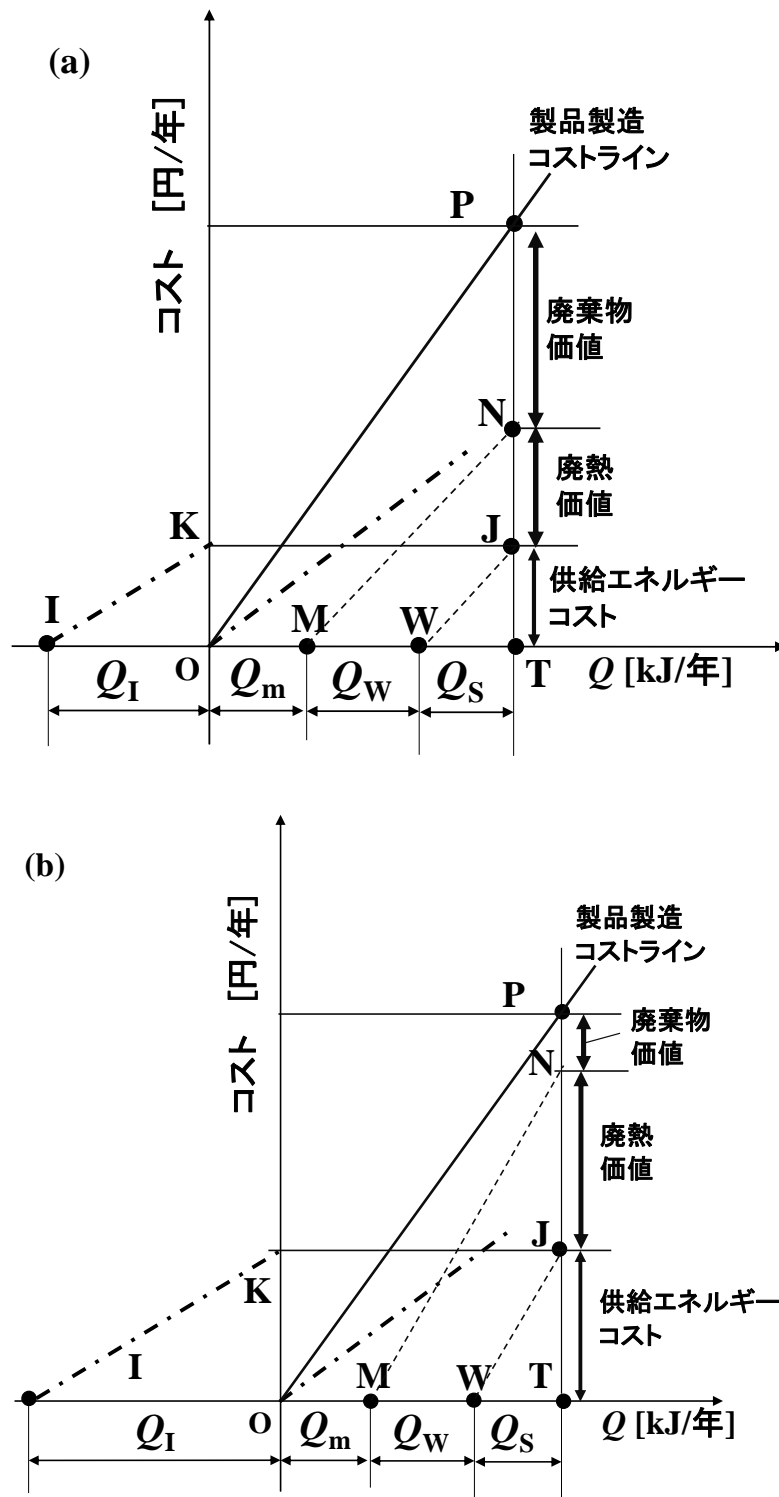


図 2.8 技術による廃棄物・廃熱価値変動の評価手法

### 2.3.2 建設コストや人件費を加味したダイアグラム作成法

これまでランニングコストのみを考慮してきたが、実際は建設コスト、人件費などが必要となる。これらの費用を加味したダイアグラムの作成法を検討した。図 2.9 に先

に示してきたダイアグラムをベースに建設費を加味したダイアグラムを示す。図中の破線の製品コストライン（線分 OP）に対して、建設費総額（総額には金利なども勘案）を償却年で除した年間あたりのコストを算出し、そのコスト分だけ下方に平行移動した線分 O' P'（図中実線）を引く。これが目標とするコストラインとなる。人件費も同様の方法で年間あたりの人件費総額分だけ製品コストラインを下方へ平行移動すれば良い。このように決定した製品コストラインに対して、前節で説明した手順に従って作図を進めていくことで、廃棄物・廃熱の価値を評価すれば良い。

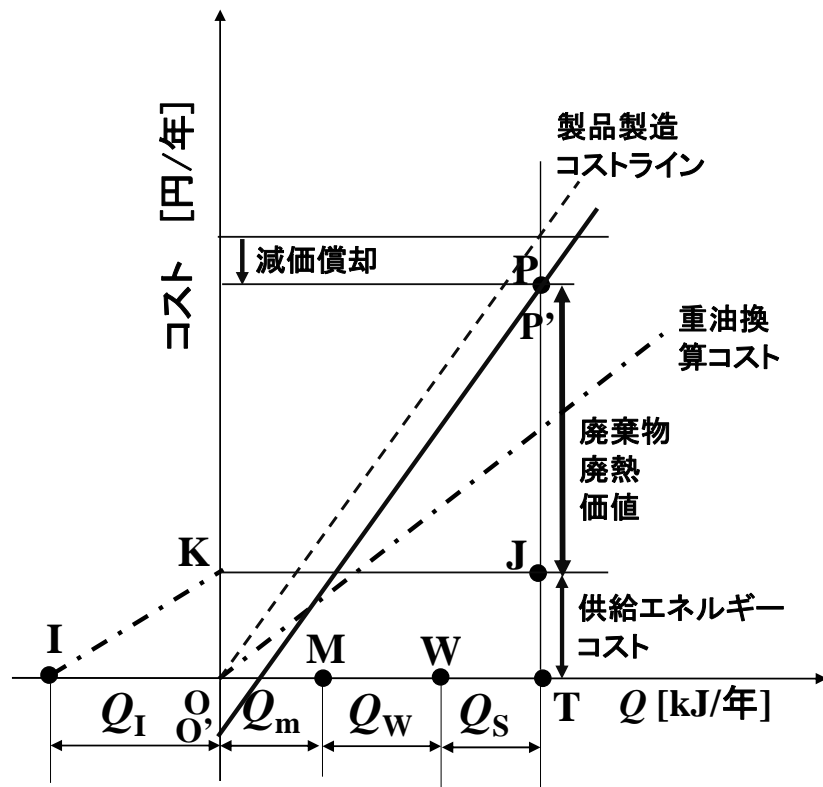


図 2.9 建設費を考慮したダイアグラム作図法

以上のダイアグラムを利用することで、政策担当者は、以下のような事項を簡便かつ定量的に実施できる。

- ・ 提案された廃棄物利用技術のデータからコストダイアグラムを用いて、その技術がエネルギー的、コスト的に合理的か否かの判断
- ・ コスト的に見合わない場合、どの程度のコスト負担をすれば可能かという算定

- ・ CO<sub>2</sub>削減量あたりのコスト評価
- ・ 発電などの場合における他の発電との優劣の比較
- ・ リサイクルの可否判断とリサイクル技術（エコ技術）認定の指標と順位づけ

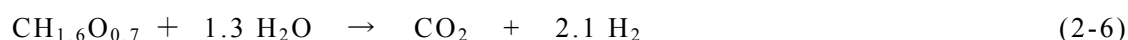
など、種々の利用用途が考えられる。何よりも重要なことは、上記のような定量的評価を実施することで、これまで実施提案者のアピール、シンクタンクの報告をベースに可否を判断している多くの政策担当者に、自ら熱力学理論に基づく評価を簡便かつ定量的に評価することを支援するツールとなり得ることである。例えば、バイオマスタウンなどの低炭素循環型社会構築のシナリオ策定において、地域のバイオマスと廃熱の組合せを考えることで単独では成立しない技術を経済的に自立させるための具体的な計画立案、制度設計の精度が高まると期待できる。このように、本提案の評価法の最大の利点は、これまでの横並びの評価で結果を判断するというレベルを超えて、何がどの程度不足していて、どこをどの程度カバーすれば成立するかを能動的に抽出し設計できることにある。

## 2.4 木質バイオマス廃棄物からの水素製造技術評価への応用

第1章で述べたように、低炭素地域社会形成には、農村ゾーン内、あるいは森林、農村ゾーンから都市ゾーンへの再生可能エネルギーの供給が重要な要素技術の一つである。この観点にたつて、多くの地域でバイオマスタウン計画が策定され、バイオマス廃棄物の転換技術の導入が盛んに実施されている。バイオマスの転換技術としては、熱分解、ガス化、エタノール発酵、炭化など種々開発されている。バイオマス転換技術に関しては多くの成書、論文で報告されているが、代表的なものとして Bridgewater による成書があり、近年のバイオマスガス化技術が系統的に纏められている[16]。特に、バイオマスの水蒸気ガス化は、電気、水素、熱を生成でき、燃料電池や化学原料への展開も可能な魅力的な技術である[17]。そこで、ここでは前節までに提案したコストダイアグラムの作図法、評価法を木質バイオマス廃棄物のガス化による水素製造に適用し、本法の有効性を検討した。また、設定として化学工場に設置し工場内廃熱を利用することが可能とした。

通常、水素はメタンの水蒸気ガス化によって製造される。よって、水素製造コストは

天然ガス価格によって変動する。対象製品として、天然ガスの水蒸気ガス化により製造した際の水素を設定し、Doty が報告している天然ガス価格あたりの製造コストを使用し[18]、このデータに 2012 年の天然ガスの日本の輸入価格（2 円/MJ）を乗じて計算した。その結果、水素のエネルギー価格は 3 円/MJ と見積もられた。次に、木質バイオマス廃棄物から水素を製造する場合の反応式を検討する。木質バイオマスはセルロースが主成分でこれにリグニン、ヘミセルロースが混在しており、その平均的な組成式は木質バイオマスの代表であるスギの各成分の割合と組成比から計算し炭素 1 モルあたりで記述すると、 $\text{CH}_{1.6}\text{O}_{0.7}$  となる。これより、木質バイオマスの水蒸気ガス化の究極の反応式は式(2-6)で表される。実際は、平衡関係があるので生成物に  $\text{CO}$  も存在し、ガス化炉 + シフト反応器を通じて、 $\text{CO}$  を  $\text{CO}_2$  とする多段ステップであるが、ここでは簡単のため、これら多段の反応を纏めたオーバーオール反応式で表現した。



この式(2-6)に基づいて、乾燥バイオマス原料 1 t/年の処理量を基準として計算を実施した。まず、式(2-6)から水素製造量（t/年）が計算できる。次に、Dulong の式(2-7)[19]を用いて、バイオマスのエンタルピーを算出し、水蒸気、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2$  のエンタルピーから式(2-6) の反応に必要な供給エンタルピー量が算出できる。バイオマスに含有する水分も考慮して、上記の各エンタルピーを計算した結果を表 2.1 に纏めた。

$$Q_m = 339.4 c + 1435.1(h-o/8) + 94.3 s \quad (2-7)$$

ここで、 $c, h, o, s$  は炭素、水素、酸素、硫黄の含有割合（重量基準）

表中の Entry I のシリーズは標準的なプロセス効率として  $\eta = 0.7$  を設定し、含水量の影響を、Entry II のシリーズは絶乾状態のバイオマスを原料にプロセス効率の影響を調べた。また、Entry III のシリーズでは、木質バイオマスの平均的な含水量 30%、標準的なプロセス効率  $\eta = 0.7$  の条件のもと、工場内廃熱利用量の効果を検討した。この際、工場廃熱は中規模の化学工場（化学バルク製品数十万トン／年生産）で排出されている廃熱量[20]の 100%、50%利用した場合を想定した。これらの条件のもと、算出したバイオマスのエンタルピー  $Q_m$ 、廃熱量  $Q_w$ 、及び 2.2 節で説明した計算方法で算出した外部から供給が必要なエンタルピー  $Q_1$  を算出した結果を示している。

表 2.1 各種条件でのバイオマス廃棄物の水蒸気ガス化時のエンタルピー算出結果

Entry	プロセス 効率 $\eta$ [-]	含水量		$Q_m$ [GJ/year]	$Q_w$ [GJ/year]	$Q_I$ [GJ/year]
		wt%	[kg/kg-dry biomass]			
I-1	0.7	0	0.00	19300	0	6714
I-2	0.7	10	0.11	16789	0	10302
I-3	0.7	20	0.25	13650	0	14786
I-4	0.7	30	0.43	9614	0	20551
I-5	0.7	40	0.67	4233	0	28238
I-6	0.7	52.5	1.11	-5679	0	42398
I-7	0.7	80	4.00	-71100	0	135857
II-1	0.7	0	0.00	19300	0	6714
II-2	0.6	0	0.00	19300	0	7833
II-3	0.5	0	0.00	19300	0	9400
III-1	0.7	30	0.43	9614	12000	3408
III-2	0.7	30	0.43	9614	6000	11980
III-3	0.7	30	0.43	9614	0	20551

表 2.1 のデータをもとに、2.2 節で説明した手順でコストダイアグラムを作成した。

図 2.10 に、Entry II -1、II -3 に対して作成したものを示す。点 T は、反応式(2-6)に基づき、必要な反応熱から決定される。これに対して、バイオマスの持つエンタルピー  $Q_m$  では不足なため、外部からエネルギーを供給する必要がある（点 T と  $Q_m$  の差）。これに熱効率で除したものが  $Q_I$  に相当する。図から、 $\eta=0.7$  に比べ、 $\eta=0.5$  ではマイナス方向に大きくなり、重油換算コスト製造ラインが左方へよりシフトしていることが明らかとなった。以上の作図により最終的にバイオマス廃棄物価値として、バイオマス 1MJ あたり、 $\eta=0.7$  で約 2.5 円、 $\eta=0.5$  で 1.8 円の価値を有すること、プロセス効率の影響はそれほど大きくないことが判る。通常、 $\eta=0.5$  という低いプロセス効率は考えられず、ここで示した  $\eta=0.5\sim0.7$  の間には入る。バイオマスを単純に燃焼して熱利用した場合は重油相当になるので、 $\eta=1$  でもバイオマス 1MJ あたり 1.5 円の価値しかない。上記の価値は理想的な机上の計算値で、当然、建設コストや人件費、メンテナンス費用などを勘案していく必要はあるが、バイオマスが乾燥できていればバイオマス廃棄物から水素を製造する方法は、エネルギー的、コスト的に十分価値を見いだせると推定される。

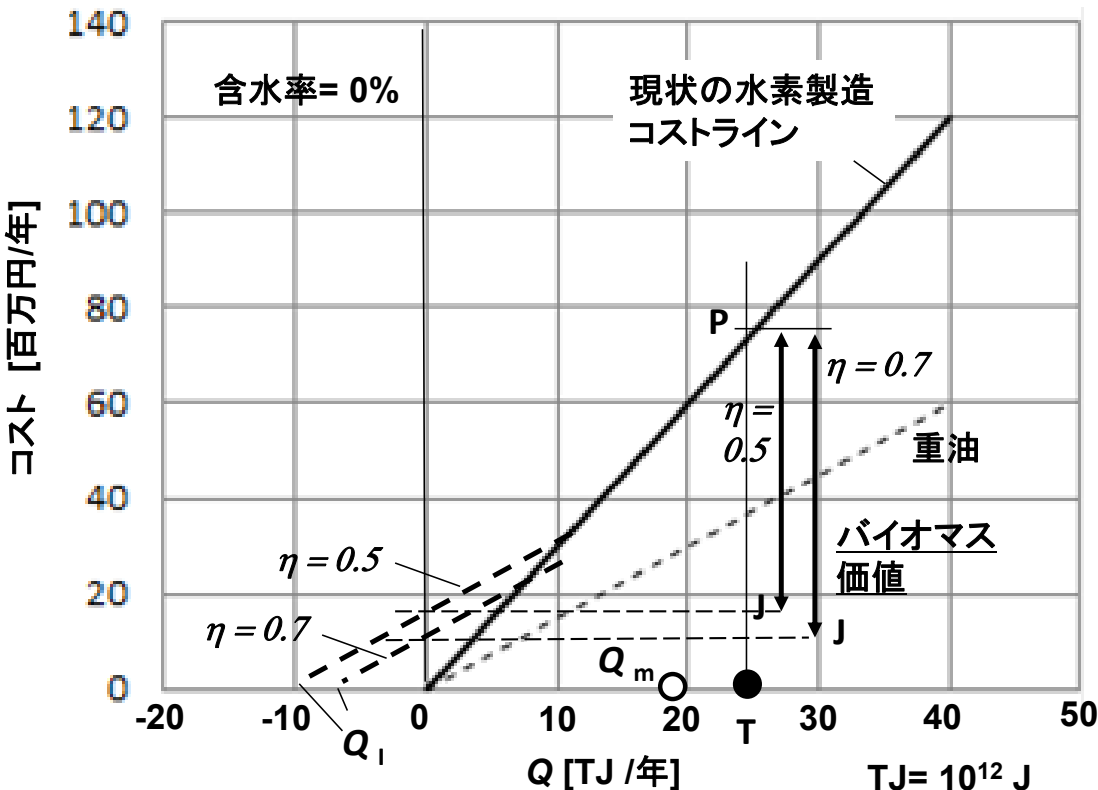


図 2.10 バイオマス廃棄物からの水素製造に関するコストダイアグラム

### (1) プロセス効率の影響

次に、図 2.11 に含水量の影響を検討するためのダイアグラムを作図した。絶乾バイオマスのエンタルピー  $Q_m$  に対して、水分量が 30%、50%以上と多くなるにつれて、水分を除去するための蒸発潜熱が必要となり、バイオマスのもつエンタルピー  $Q_m$  は、図中○印 (19.3TJ/年) から△印 (9.6TJ/年)、▲印 (-5.7TJ/年) の点へと減少していく。これに伴い、水素製造に必要な  $Q_I$  は大きくなり、重油換算コストラインは大きく左方へシフトする (図中破線)。図から 30% 含水のバイオマスでは、乾燥バイオマスのもつ価値の約 6 割程度となっており、バイオマス 1MJ あたり約 1.6 円と重油の価値と同等となる。一方、図から含水バイオマスから水素を製造して価値が見いだせる限界の水分量を推定できる。点 P の縦軸の値と y 切片が一致するように重油コストラインの左方へシフトさせ、この直線から求めた x 切片の値 ( $Q_I$ ) より、逆算して水分量を求めると、52.5%



となる。すなわち、プロセス効率  $\eta=0.7$  の場合、52.5%以上の含水量のバイオマスは水素を製造してもコスト的にはマイナスの価値しかなく、バージン資源（メタン）から製造した方が良いことを意味している。一方、横軸の  $Q_m$  を追跡すると、エネルギー的には 52.5%よりも低い含水率で 0 となっている。すなわち、50%前後の含水率でバイオマスはエネルギー的にもコスト的にも価値がなくなることがわかる。図 2.10 と比較して、含水量の影響は甚大で、バイオマス利用する場合、如何に効率的に水分除去することが重要なポイントであることが明確にわかる。

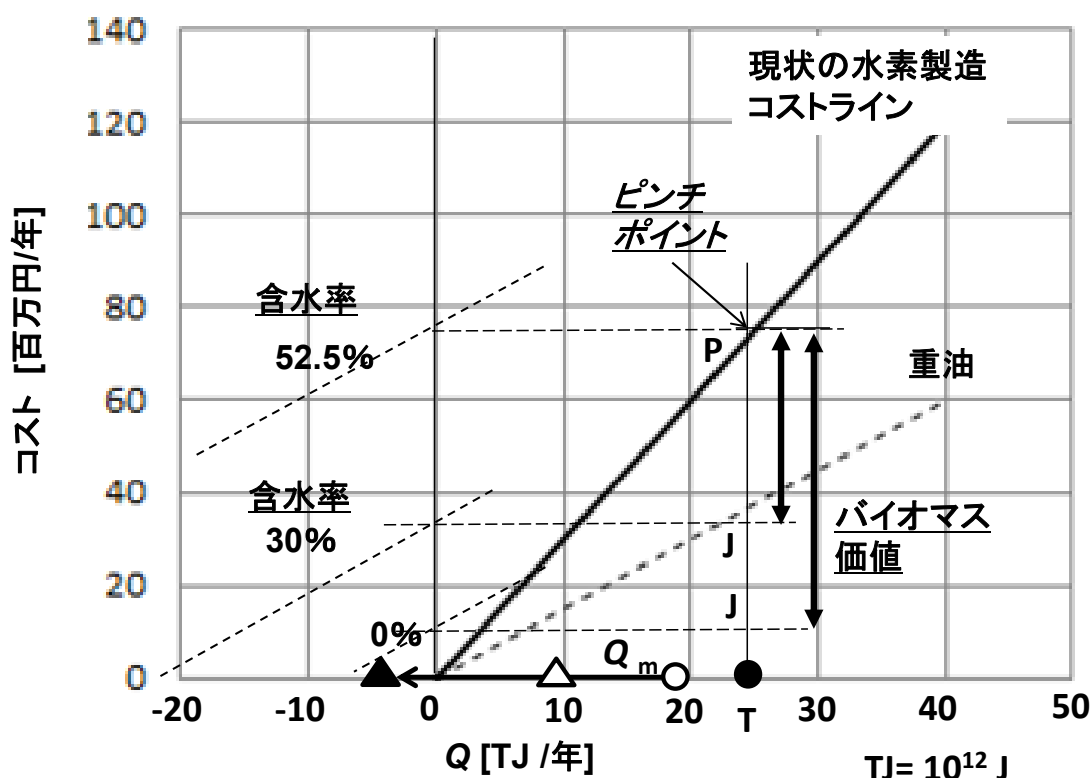


図 2.11 バイオマス廃棄物からの水素製造に関するコストダイアグラム

## (2) 含水率の影響

そこで、木質バイオマスの平均的な含水量である 30% 含水バイオマスを対象に、工場廃熱を利用して水素を製造するパターンの検討結果を表 2.1 に示した。表中の  $Q_1$  の値を比較すると、標準的な化学工場の約半分の廃熱を利用することで、含水率 10% 相当のバイオマスと同レベルになることが判る。化学工場の廃熱はそのほとんどが 200℃ 以下であるため現状では利用されていないが、バイオマス廃棄物の乾燥には 120～130℃

の熱で問題なく十分利用できる。このことは、現在、バイオマスタウン政策でエネルギー自立、コスト自立が難しい状況の中で、第2次産業が地域社会へ寄与する重要性、バイオマス単独処理ではなく、既存の設備とシステム化することの重要性を示している。

以上、提案したコストダイアグラムを利用して、バイオマス廃棄物の水蒸気ガス化による水素製造の可能性を検討し、本提案法の有用性を示した。今後、より具体的に各地域のバイオマスに着目して、建設コスト、集積コスト、工場廃熱などの情報を取り入れながらエネルギー、コスト両面から合理的なバイオマス利用システム構築の検討を進めていく予定である。

## 2.5 結論

第1章で提案した低炭素循環型社会形成で重要なポイントになる有機系廃棄物及び各種廃熱の価値を評価するダイアグラムを提案した。提案した図は、エネルギー関連に着目して、年あたりの製品コストと年あたりのエンタルピーの関係を示したもので、各資源、製品のエネルギーコストを、原点を通る直線で表現できるダイアグラムである。この図に基づいて提案した手法は、対象とする製品のエネルギーコストラインに対して、単位重量の有機系廃棄物から変換する場合に得られる製品量に必要なエンタルピーと有機系廃棄物がもつエンタルピーの差から供給エンタルピーを算出し、これに別途引いてある重油換算コストラインを用いて廃棄物、廃熱の価値をコスト評価していくものである。この方法は、技術による価値変化を定量的に評価できること、リサイクルの可否がエネルギー、コストの両面から判定できることなど、これまでの評価のみの方法と違って能動的に設計できる手法となり得ることが示された。具体例としてバイオマス廃棄物からの水素製造に関して、いくつかのケーススタディを実施し、エネルギー、コスト両面からバイオマスに含有する水分の効率的除去が最大の成否の鍵であり、化学工場等から排出される廃熱を利用するシステム作りがバイオマスタウン成功のポイントであることを示した。以上、提案した方法は、簡便かつ定量的に作図可能で、地域の廃棄物、廃熱を技術と連動しながら価値評価できるとともに、政策策定などの支援ツールとして利用できることが示唆された。

## 参考文献

- [1] Linnhoff, B., Townsend, D.W., Boland, D., Hewitt, G.F., Thomas, B.E.A., Guy, A.R., Marsland, R.H. (1982): A user guide on process integration for the efficient use of energy 1st edition, IChemE, UK
- [2] Smith, R. (1995): Chemical Process Design, McGraw-Hill, New York.
- [3] Curran, M.A. (1994): Life-cycle Assessment, Inventory Guide-lines and Principles, 1<sup>st</sup> edition, CRC-Press, USA.
- [4] International Organization for Standardization (ISO) Technical Committee TC 207/ Subcommittee SC 5: Environmental management — Life cycle assessment — Goal and scope definition and inventory analysis. Draft International Standard (DIS) 14041, 1996
- [5] 石川雅紀 (1998) : リサイクルと LCA, 廃棄物学会誌, vol.9, No.4, pp.328-336.
- [6] Hunt, R.G. (1995): LCA considerations of solid waste management alternatives for paper and plastics, Resources, Conservations and Recycling, vol. 14, No.3-4, pp.225-231.
- [7] Ross, S., Evans, D. (2002): Excluding site-specific data from the LCA inventory: How this affects life cycle assessment, The International Journal of Life Cycle Assessment, vol.7, No.3, pp.141-150.
- [8] Beccali, G., Cellura, M., Mistretta. M. (2001): Managing municipal solid waste: Energetic and environmental comparison among different management options, The International Journal of Life Cycle Assessment, vol.6, No.4, pp.243-249.
- [9] 平井康宏, 村田真樹, 酒井伸一, 高月紘 (2001) : 食品残を対象とした循環・資源化処理方式のライフサイクルアセスメント, 廃棄物学会誌, vol.12, No.5, pp.219-228.
- [10] Finnveden, G. (1999): Methodological aspects of life cycle assessment of integrated solid waste management system, Resources, Conservations and Recycling, Vol.26, No.3-4, pp.173-187.
- [11] Mjorklund, A., Dalemo, M., Sonesson, U. (1999): Evaluating a municipal waste management plan using ORWARE, Journal of Cleaner Production, vol.7, No.4, pp.271-280.

- [12] Weitz, K., Barlaz, M., Ranjithan, R., Brill, D., Thorneloe, S., Ham, R. (1999): Life cycle management of municipal solid waste, *The International Journal of Life Cycle Assessment*, Vol.4, No.4, pp.195-201.
- [13] Hassan, M. N., Awang, M. (1999): The application of an life cycle inventory (LCI) model for solid waste disposal systems in Malaysia, *The International Journal of Life Cycle Assessment*, Vol.4, No.4, pp.188-190.
- [14] Jasch, C. (2003): The use of environmental management accounting (EMA) for identifying environmental costs, *Journal of Cleaner Production*, Vol.11, No.6, pp. 667-676.
- [15] Burritt, R.L., Saka, C. (2006): Environmental management accounting applications and eco-efficiency: Case studies from Japan, *Journal of Cleaner Production*, Vol.14, No.14, pp.1262-1275.
- [16] Bridgewater, A. V. ed.: *Advances in thermochemical biomass conversion*, (Elsevier Applied Science, 1994).
- [17] 横山伸也編：バイオマスハンドブック，(日本エネルギー学会，2002).
- [18] Doty, F. D.: PhD: Web report -A Realistic look at hydrogen price projections, (Doty Scientific, Inc. Columbia, SC, 2004).
- [19] 谷下市松：工業熱力学（基礎編），(裳華房，1986).
- [20] 林茂也、私信(2012).

## 第3章 エクセルギー効率に基づくバイオマス廃棄物の変換スキーム 評価法の検討

### 3.1 序論

第2章でも述べたように、バイオマスは再生可能資源と位置付けられ、CO<sub>2</sub>削減、地域活性化の観点から300を超えるバイオマスタウン事業が展開されている。この政策の推進により、いくつかの好事例も報告されているが、多くは採算性がある形で自立して進んでいるとは言い難い状況である。地域資源であるバイオマスや有機系廃棄物（ここでは廃棄物ではなく資源として捉える）を利用していくという理念は間違っておらず、是非ともエネルギー的、コスト的に適った利用システムを構築していくべきである。この命題に対して、我々は第2章で処理技術と考慮した有機系廃棄物や廃熱の価値評価法を提案し、種々の検討を実施してきた[1, 2]。この評価法では、有機系廃棄物の価値を化石資源系から製造した現コストと比較することで、廃棄物の原料としての価値をコストで評価することが可能である。しかし、この評価を実施するにあたり、選択した変換スキームが対象とする廃棄物利用として最適かどうかは判定できない。地域の各有機系廃棄物をより合理的に活用するには、その廃棄物の再生利用する道筋として、どのような変換スキームを選択すべきかの指針が必要である。有機系廃棄物をどの程度活用できるかは、その有機系廃棄物からどの程度のエネルギーを社会の活動に利用できるかということになる。すなわち、有機系廃棄物がもつ熱量のうち、いくら使えるかという視点で評価していく必要がある。

これを考える上で、一つの有効な指標としてエクセルギーがある。エクセルギーとは、ある物質から取り出して利用できるエネルギー量で、エネルギーの質を表す量である。熱エネルギーの場合、大気温度（298 K）に対して利用できるエネルギー量となるため、その物質がもつエンタルピーの一部に相当する。すなわち、いくら有機系廃棄物が多く、その熱量を保有していても、その変換方法によって、使えるエネルギーがどんどん減っていつてしまうことになる。これまで、多くの研究者によって、エクセルギーを用いた資源、廃棄物評価、環境評価、プロセス評価などが実施されている[3-10]。この中で、持

続性に関する政策決定への情報提供手段としてエクセルギーを利用する試みが種々行われており[3-7]、Rosen ら[4]は、政策決定を考える際に、エクセルギー解析した結果の方がエネルギー解析の結果よりも有用と力説している。また、資源勘定やライフサイクルアセスメント（LCA）などへエクセルギーを導入した試み[5, 7, 8]、プロセスの最適化へのエクセルギーの利用[6, 9]、社会理論への展開[10]などが検討され、エクセルギーが指標として有用であることが示されている。

一方、廃棄物の評価にエクセルギーを利用した研究も数多く行われている[11-17]。しかしながら、これらの研究では一定の評価はしているものの、廃棄物のエクセルギーと廃棄物インパクトや資源消費を規定できない[11]、エクセルギーと廃棄物インパクトには相関が認められない[12, 14]、エクセルギーは環境インパクトに比例しない[15]、エクセルギーは廃棄物の有害性まで表現できない[13, 16]など、エクセルギーが万能ではないことが報告されている。これらの研究は、廃棄物を廃棄処理する対象としての評価である。Rosen ら[6]、Gong[8]、Cornelissen ら[17]が示しているように、エクセルギーは資源を評価する有用な指標である。炭素循環社会を考える場合、有機系廃棄物は循環するための炭素資源として捉える必要があり、無害化したのちに新たな資源として価値評価する手法の開発が望まれる。

他方、これまでにエクセルギーとエンタルピーを関連づけて評価する手法も提案されている。石田らは熱力学コンパスという作図法[19, 20]を提案している。これは、縦軸にエクセルギー、横軸にエンタルピーをとり、ある物質のもつエクセルギーとエンタルピーと他の物質のエンタルピー、エクセルギーとのベクトル合成を行う手法を提案し、プロセスシステム解析法として種々の化学プロセス解析に適用している。この図法はある物質を変換していく上で、どのようにエクセルギー（エネルギーの質）が変化しているかを示す有用な方法であるが、バイオマス系廃棄物などの有機資源を熱的に自立してどのようなパスで変換していくのが良いかを検討するには、ダイレクトには適用できず何らかの方法論の改善が望まれる。また、堤らは、エネルギー変換ダイアグラムを提案している[21-25]。このダイアグラムは縦軸の片方にエクセルギー効率をもう片方に断熱燃焼温度を目盛って 1 対 1 対応させたグラフ上に石炭、バイオマスなどの変換プロセスにおける各過程でのエクセルギー、エンタルピーから計算したエクセルギー効率値を水

平線で引いて、効率ロスや廃熱の導入による廃熱エクセルギーの再生程度を評価するものである。これを展開して、乾燥、石炭ガス化、蒸留などの化学プロセスに対してエクセルギー再生プロセスフローを提案している。このエクセルギー効率を指標としている点は非常に優れている点であると考えられる。しかし、提案したダイアグラムでは、政策担当者のような立場からは扱いづらく、より直感的かつ平易に対象とする資源がどれだけのポテンシャルを引き出せるかを資源の変換過程とともに視的に判る簡易的なチャートの開発が望まれる。

以上、エクセルギーを指標として資源、プロセス、廃棄物を評価した既往の研究を概観したが、エクセルギーが取り出せる仕事量を定量的に示すという点で評価指標として優れていることが判った。また、エクセルギー効率が同じエンタルピー量を有する物質に対して、有用に利用できるのはいずれかなどを判断する指標として利便性に優れていると判断された。そこで、本研究では、石田らのエクセルギーコンパス[18]で提唱されているエクセルギーとエンタルピーの関係図を用い、堤らが提唱するエクセルギー効率の図法[21]を発展させて、より合理的かつ簡便にバイオマスの利用技術、各技術の比較を行えるダイアグラムの提案を行い、代表的なバイオマス廃棄物転換技術に適用して、廃棄物のエクセルギーから見た価値を評価した。

### 3.2 各種資源のエクセルギー効率からみた有機系廃棄物のポテンシャル

#### 3.2.1 気体及び各種有機物のエクセルギーの計算方法

まず、エクセルギー $Ex$ の算出方法は、一般に認められている以下の式によって算出した[26]。エクセルギー $Ex$ とは圧力 $P$ 、絶対温度 $T$ で流れている単位質量の流体が圧力、温度が $P_0$ 、 $T_0$ にある周囲に対してなし得る有効仕事量、すなわち $P$ 、 $T$ で流れている単位質量の流体が可逆的に周囲の状態にある流れに変化したときに取り出し得る最大の仕事量で、式(3-1)のように表すことにする。

$$Ex = (H - T_0 S)_{P,T} - (H - T_0 S)_{P_0,T_0} \quad (3-1)$$

ここで、 $H$ はエンタルピー、 $S$ はエントロピーを表す。

この式(3-1)に基づき、流れを状態 $P_1$ 、 $T_1$ から $P_2$ 、 $T_2$ に変化するに必要な最小仕事すなわちエクセルギー変化 $\Delta Ex$ は

$$\Delta Ex = Ex_2 - Ex_1 \quad (3-2)$$

と書くことができる。また、 $Ex_1$ 、 $Ex_2$  は状態  $P_1$ 、 $T_1$  ならびに  $P_2$ 、 $T_2$  にある流れを可逆的に  $P_0$ 、 $T_0$  の流れに変化させたときに取り出し得る最大仕事量を表す。

一方、化学物質が有する化学エクセルギーは、その物質の結合エネルギーに由来しており、標準状態（0.1MPa, 298K）でのエンタルピー、エクセルギーから計算される。石油、石炭、バイオマスなどの複雑な固体有機化合物では、理論的にエクセルギーを計算することはできず、次の Rant の式で推算される。

$$Ex = H_1 (1.0064 + 0.1519H/C + 0.0616O/C + 0.0429N/C) \text{ [kJ/kg]} \quad (3-3)$$

ここで、C,H,O,N は固体中の元素組成（モル）である。また、 $H_1$  は低位発熱量 [kJ/kg] で、複雑固体の低位発熱量の推算式として、式(3-4)の Dulong の式が使用される。

$$H_1 = 339.4C + 1435.1(H-O/8) + 94.3S - 25(9H+w) \text{ [kJ/kg]} \quad (3-4)$$

ここで C,H,O,S は固体の元素の重量分率、w は含水率である。

次に、上述で算出したエクセルギー、エンタルピーを用いて、エクセルギー効率  $\xi$  に着目しながら解析を行っていく。エクセルギー効率  $\xi$  は、物質がもつエネルギーのうち、環境温度に対してなしえる最大仕事の割合を示すもので、

$$\xi = \frac{Ex}{\Delta H} = 1 - \frac{T_0 \Delta S}{\Delta H} \quad Ex \text{ エクセルギー, } \Delta H: \text{エンタルピー} \quad (3-5)$$

で定義される。1kg の理想気体の場合は、周囲温度  $P_0, T_0$  からある状態  $P, T$  への変化量は、

$$\Delta H = \int_{T_0}^T C_p dT \quad (3-6)$$

$$\Delta S = \int_{T_0}^T \frac{C_p dT}{T} \quad (3-7)$$

ここで、 $C_p$  は定圧比熱[kJ/(kg・K)]で、本論文では厳密なエネルギー収支計算を実行するのではなく、政策担当者などが簡便に技術を選択するための支援ツールを考えているため、定圧比熱が温度に対して一定とした。この仮定をおくことにより、式(3-6)、(3-7)は次式のようになり、最終的にエクセルギー効率  $\xi$  は式(3-10)のように導出される。こ



の式から、 $\xi$ は物質によらず環境温度を基準として物質の温度で決定されることがわかる。

$$\Delta H = C_p(T - T_0) \quad (3-8)$$

$$\Delta S = C_p \ln(T/T_0) \quad (3-9)$$

$$\xi = \frac{Ex}{\Delta H} = 1 - \frac{T_0 \Delta S}{\Delta H} = 1 - \frac{T_0 \ln(T/T_0)}{(T - T_0)} \quad (3-10)$$

さて、本研究では、上述の式に従い算出したエクセルギーを縦軸にエンタルピーを横軸にとったダイアグラムによって、バイオマス系廃棄物の変換に伴う変化をプロットし、廃棄物をどこまで上手に利用できているか、十分合理的な利用法であるかを判定する手法を提案する。まず、バイオマス系廃棄物がもつエクセルギー効率がどの程度であるかを、各種有機化合物、CO、H<sub>2</sub>のそれと比較した。図 3.1 に、各物質の化学エクセルギーを標準エンタルピーに対してプロットした。それぞれの物質 1kg が持つエンタルピーは大きく異なるが、エクセルギー効率はほぼ一本の直線上に乗っていることが判る。

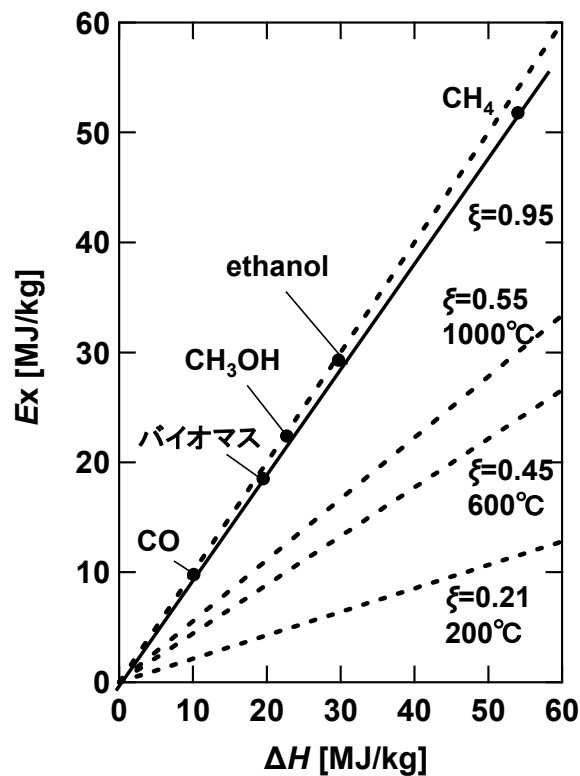


図 3.1 提案したエクセルギー／エンタルピーチャートによる  
各種燃料及び熱のエクセルギー効率

このグラフの傾きはエクセルギー効率 $\eta$ を示しており、傾き 1 を超えることはない。図よりどの物質もほぼ同じエクセルギー比（0.93 程度）となり、各物質が持つエネルギーの 93% を仕事に利用できるポテンシャルを有していることが判る。このことから、バイオマス系廃棄物もエクセルギー効率からみると、メタンや水素と同じだけの仕事を引き出すポテンシャルを有していることが示され、資源としての価値は十二分あることが判る。

一方、式(3-10)から、気体の熱エクセルギー効率に関しては、物質に依らず、その気体のもつ温度によって一義的に決定され、ある傾きをもった直線で表現できる。これを各絶対温度で計算し図 3.1 にプロットした。図中には、200、600、1000℃のときに直線を示しているが、作図にあたって必要な温度についてその都度式(3-10)から傾きを求め直線を引けば良い。図から、エクセルギー効率が 1 近くある化学物質を熱エネルギーに変換した場合、1000℃の熱を得てもエクセルギー効率は約半分程度に減少してしまい、600℃の熱では半分以下にまでエクセルギーが損失してしまうことが判る。これは燃焼に伴う不可逆変化が非常に大きいことを意味しており、元々持っているエクセルギーの多くを失いながら熱エネルギーを得ていることを認識しておくことが重要である。すなわち、バイオマス系廃棄物を利用する際に、得られた熱を回収したとしても、もはや失われたエクセルギーを大きくすることはできないという科学的事実を念頭に入れておく必要がある。

### 3.2.2 パスダイアグラムの作成方法

図 3.1 をベースに、バイオマス系廃棄物に対して選択した変換パスが熱力学的に見て合理的か否かを判定していくためのパスダイアグラムの作成にあたって、気体が持つエクセルギー、エンタルピーを機械的工作と排熱に変換する場合の基本ルールを示す。図 3.2 にその一例として、600℃のガスをガスエンジンに供給し、電力に変換しながら 200℃の排熱を排出する場合を考えた場合の手順は以下のようになる。このとき、変換過程での放熱などによる熱損失はないと仮定し、ここでの機械的工作においては、エンタルピー、エクセルギーに損失がないとして作図していく。

手順 1) 600℃のガスが持つエンタルピーに対して 600℃のエクセルギー効率の直線上にプロットする（点①）。

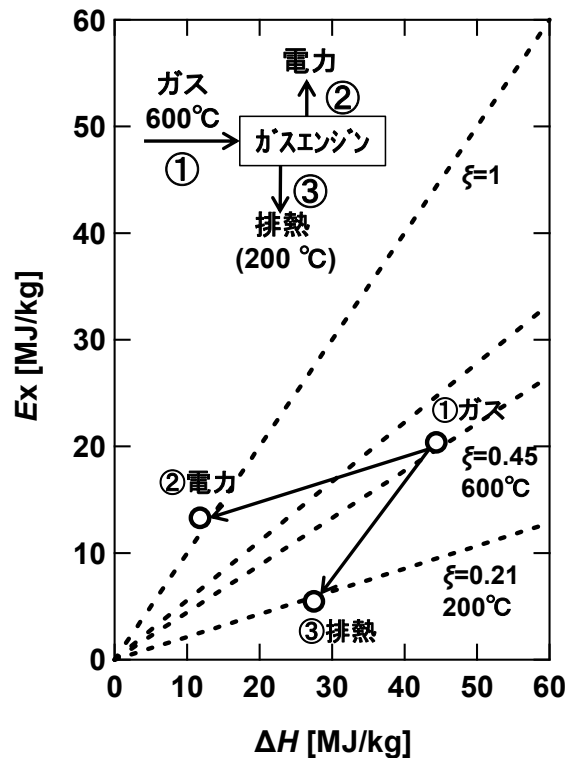


図 3.2 提案したエクセルギーパスダイアグラムの作成法

手順 2) 電力はエクセルギー効率が 1 となるため、 $\xi=1$  の直線上と  $200^{\circ}\text{C}$  のエクセルギー効率の直線上に平行四辺形になるようにベクトル分解し、図中の②、③の点を決定する。具体的には、点①から各直線に平行な直線を引いて、各直線との交点から点②、③を作図的に決定すればよい。

図 3.2 から、熱エネルギーを電力変換する過程においては、理想的にはガスが有するエクセルギーのほとんどを電力に変換できることがわかる。ただ、実際のガスエンジンはエンジン直後の排ガス温度がもっと高く、高温（ $300\sim 400^{\circ}\text{C}$ ）でガスを排出しているため、 $200^{\circ}\text{C}$  よりも傾きの大きなエクセルギー効率の直線上の排ガスとして廃棄するため、排ガスのエクセルギーが大きくなり、機械的仕事（電力）に使用できるエクセルギーは減少していく。ただし、後述するが、バイオマス系廃棄物を燃焼、ガス化などの反応を伴う熱化学変換する場合には、不可逆なエクセルギー損失を避けることはできないので上記のルールを適用できない。いずれにせよ、熱エネルギーを得た際に重要なことは、 $200^{\circ}\text{C}$  の排熱でも、そのガスがもつエンタルピーの 2 割は仕事として取り出せるエクセルギーを有するので、これを他の熱源として利用していくことが廃棄物価値を高める上

で重要である。しかし、熱のエントロピー増大速度（＝エクセルギー損失速度）は極めて速く、すぐに冷却してしまうので遠距離輸送できないという欠点を有している。この図は、単にバイオマスタウンにバイオマス発電技術を導入するという政策ではなく、バイオマスタウンでの熱利用という利用インフラの整備とセットでシステムとして設計していく必要があることを示している。

### 3.3 木質バイオマスの各種変換パスの評価

上述のように、エクセルギー効率からみてバイオマス系廃棄物はエネルギー資源としての価値があることが判ったので、次にこれをどのような道筋で変換利用していくかが重要な課題となる。そこで、本節では、現在考えられている変換技術に関して、3.2 節で提案したダイアグラムを利用して、木質バイオマスに適用している各技術の変換パスがどの程度合理的かを比較検討した。一般に木質バイオマスの変換技術としては、表 3.1 に示すような変換技術が考えられている。

表 3.1 木質バイオマスに適用される変換技術

			バイオマス種									
			木質系	草本系		農業残渣	家畜糞尿	都市廃棄物*		糖・でんぷん	セルロース	植物油
Dry/Wet			D	D	W	D	W	D	W			
転換技術	燃焼	直接燃焼発電	◎	○		○		○			○	
		混焼発電	◎	○		○		○			○	
	熱化学的変換	溶融ガス化	○	○		○		◎				
		部分酸化ガス化	◎	◎		◎		○				
		低温流動層ガス化	◎	◎		◎		○				
		急速熱分解	◎	○		○		○				
		スラリー燃料化	◎					○				
		超臨界メタノール抽出	◎								◎	
		超臨界水ガス化			◎		◎		◎			
		炭化	◎									
		エステル化										◎
	生物化学的変換	メタン発酵			◎		◎		◎			
		エタノール発酵	◎	○		○				◎	◎	
		アセトン・ブタノール発酵					○		○	◎		
		水素発酵				◎	○		○	◎	○	

◎: 転換技術の対象として適切と考えられるバイオマス種

(\* 改変)

○: 最適ではないが利用できるバイオマス種

この中で、固形分利用のチップ、ペレットは乾燥後、燃焼して熱エネルギー及び電力を得る方法で変換する。これより、大別して、現状のドライバイオマスは、燃焼、熱分解、ガス化という熱化学変換に利用されており、その出口製品は電力、熱利用となっている。以下、それぞれの変換技術に対してパスダイアグラムの作成を行った。本評価は対象とする木質バイオマスがエネルギー的に見てどこまで利用可能かを比較検討するためのものであることから、基本的なルールとして、変換に必要なエネルギーはバイオマス自身が持つエンタルピーで賄うとする。一般に日本での木質バイオマスとしては広葉樹、針葉樹があり若干の違いはあるものの、エンタルピー物性に大きな差はない。本研究では、代表的な木質バイオマスであるスギ、ヒノキ、マツのデータをもとにその平均値を計算した。原料バイオマスは乾燥バイオマス 1kg 基準で計算し、含水率は標準的な 20wt.%(含水バイオマス基準)とした。これより、乾燥バイオマス 1kg 基準の含水量は、 $0.2/(1-0.2)=0.25$  kg/kg-dry biomass となる。また、木質バイオマスの組成式としては、上述の各種木質バイオマスの平均値として、 $\text{CH}_{1.6}\text{O}_{0.7}$  とした。これより式(3-3)、(3-4)から算出されるエンタルピー、エクセルギーを表 3.2 に纏めた。表中の上から 2 つの絶乾バイオマスのエンタルピー、エクセルギーの値は水分を無視して、乾燥状態のバイオマス 1kg が保有する量を示している。この 1kg の絶乾バイオマスを基準に含水水分をバイオマスのエンタルピーを用いて蒸発によって除去した場合のバイオマスに残存するエンタルピー、エクセルギーの値を算出している。すなわち、含水量がある値以上(約 60wt.%) となると、水分蒸発だけでバイオマスが有するエンタルピー以上の熱量が必要となり、バイオマスのエネルギー的に自立できないということになる。以上の前提条件のもと、各変換プロセスの評価を行った。

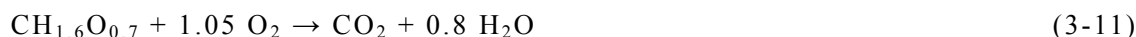
表 3.2 木質バイオマスのエンタルピー、エクセルギーの値

	<u>kJ/kg-dry biomass</u>
絶乾バイオマスのエンタルピー	19504
絶乾バイオマスのエクセルギー	18529
20%水分除去後のバイオマスが 有するエンタルピー*	11822
20%水分除去後のバイオマスが 有するエクセルギー*	11231

\* 水分蒸発をバイオマスが有するエンタルピーで賄うとして計算

### 3.3.1 燃焼プロセス

木質バイオマスの空気燃焼は以下の反応式で表される。



これより、木質バイオマスの炭素 1mol に対して、1.05mol の酸素（実際は空気を供給するので、同伴窒素が出口ガス中に含まれる）が必要であることが判る。ここで、空気は基準の周囲温度 25℃で供給するため、持込エンタルピー、エクセルギーは 0 である。代表的なバイオマス燃焼利用の例として、図 3.3 に示す変換方法について検討した。20%含水バイオマスを乾燥して絶乾バイオマス 1kg を得たのち、理論空気比で燃焼して高温ガスを生成させ、この熱エネルギーガスタービンに送って電力を発生させる。このとき、タービンに供給されるガス温度は、バイオマス発電では使用最高温度に近い 1273 K とし、タービン排熱は高温ガスタービンでは一般的な 673 K とした。このガス条件は、燃焼ガスを電力へ変換できる最も好条件となっている。以上の変換過程を含水バイオマスから順次提案図上に作図していく。ここで上述のように、基本ルールとして、対象バイオマスの価値を公平に評価し、エネルギー自立可能かを判定する必要性から、外部からの持込エンタルピーは無い状態で変換に必要なエンタルピーはバイオマス自身の持つエンタルピーの一部を利用して行うものとする。

以上の条件に従い、エクセルギーパスを作図した結果を図 3.3 に示す。乾燥バイオマス 1kg 基準で図を作成するので、先に計算した乾燥バイオマスのエンタルピーに対してエクセルギーをプロットする（点①）。これが出発ポイントとなる。次に、点①にあるバイオマスが、乾燥工程では、バイオマス自身の有機構造には変化はないので、単位質量あたりのエクセルギー、エンタルピーの値に変化はない。しかし、上述のルールに従い、乾燥に必要なエンタルピーをバイオマス自身から賄うので、乾燥工程を出た時点で点②の位置までバイオマスの有するポテンシャルが減少している。ただし、単位質量あたりのエクセルギー、エンタルピーの値に変化はないことから、それは一定の直線上を移動する。20wt.%の含水量でも乾燥バイオマスが有するエクセルギー、エンタルピーの約 4 割を消失させることになり、効率的な乾燥方法を考えることがバイオマス利用の必要条件となることが図から明確に判る。次に、乾燥工程を経て得たバイオマスを燃焼した場合の変化を図中の②→③→④に示す。式(3-11)の反応熱から、断熱状態で理論的に

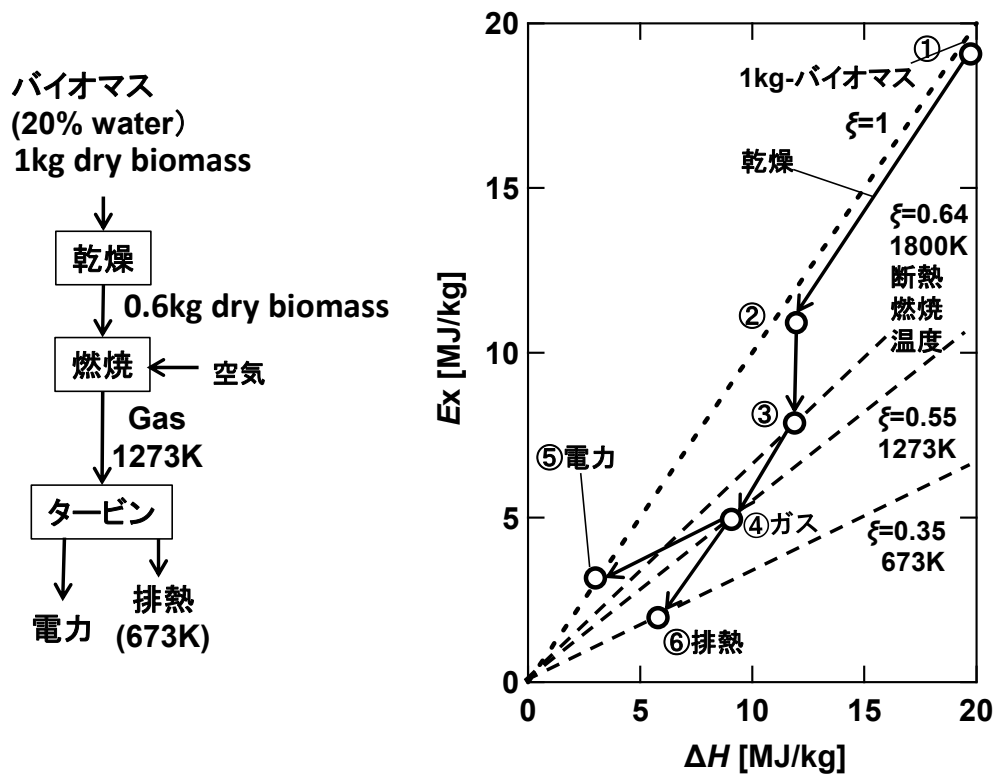


図 3.3 木質バイオマスの燃焼／発電プロセスのパスダイアグラム

達する最高温度を計算すると約 1800K となる。この理論燃焼過程をプロットすると、断熱過程なので横軸のエンタルピー変化はなく、1800K の気体に変化する過程となるので ②→③のように描ける。すなわち、②から垂直に理論燃焼温度の  $\xi$  の直線との交点を求めれば、燃焼によって理想的に回収できるエクセルギーが求まる。堤らは力説しているように[21]、理想的に燃焼してもエクセルギー効率  $\xi$  は 0.95 から 0.64 と大きく減少してしまう。このように燃焼過程はバイオマスが有するエクセルギーを一気に消失し取り戻すことのできない過程であることがわかる。さらに、燃焼によってエクセルギー損失はあるものの 1800K の熱エネルギーを得ることができるが、この高温に耐えるガスタービンが存在しない。大型発電のセラミックガスタービンでは現在 1700K 用のものも開発されているが、その価格から考えてバイオマス発電に利用できるのは一般的に 1273K (1000℃) までである。そのため、得られた高温ガスを 1000℃まで冷却する必要がある。計算は至って簡単で、得られた気体 ( $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{N}_2$ ) のガス量にその混合ガスの平均比熱 (教科書に物性表あり) を用いて、1800K 及び 1273K のエンタルピー、エクセルギーを式(3-8)、(3-9) により計算しプロットすれば良い。もっと簡便な方法としては、

1273K の混合ガスエンタルピーのみ計算し、 $\xi=0.55$  のライン上にプロットすれば良い。この変化過程が、図中の③→④である。最後に、④の状態の高温ガスがタービンに送られ、⑤の電力と⑥の排熱となる。この部分の作図は図 3.2 に示した方法によって行う。以上の作図から、ここで検討した変換過程では、②の乾燥状態をベースに考えて発電効率が約 25%程度は可能となるが、実際には熱損失などから 20%以下であると考えられる。一方、図より 400℃の排熱のエンタルピー量は電力として回収したエンタルピーよりも大きく、これを熱利用する方策を考えることが非常に重要であることがわかる。

### 3.3.2 ガス化プロセス

まず、ガス化反応とは、炭素原料に酸化性、還元性ガスを供給して水素や CO などの高カロリーガスに変換するものである。最も一般的なガス化反応としては、メタンの水蒸気改質による水素製造があり、現在、化学産業で水素を製造するための一般的な手段となっている。バイオマスのガス化に関しても水蒸気を多量に供給して水素、CO を得るプロセスもあるが、バイオマスタウンでは、一基のガス化炉での木質バイオマス処理量がそれほど多くないので、ユーティリティ設備コストなどの関連から水蒸気を用いたガス化は実施されている例は少なく、専ら空気を部分供給して還元性雰囲気中で熱分解ガス化して水素、CO を得る方法が主流である。このガス化方式としては、図 3.4 に示す 3 つのタイプに集約される[27]。この中で、簡易装置で操作性に優れ、エンジン等のトラブルの原因となるタールの発生が抑制できるものとして、ダウンドラフト形式がよく採用されている[27]。そこで、ここでは、このダウンドラフト型のガス化炉でのエクセルギーパスを評価した。

ダウンドラフト型のガス化炉を用いた変換フローでは、バイオマスを部分燃焼させて内燃式で熱供給し、バイオマスを熱分解するものである。通常、数%の固体チャー（炭素固体）が残存するが、ここでは簡単のため、有機固体残存率はゼロとしてエネルギー自立状態（反応に要する吸熱量をバイオマスの部分燃焼熱で賄った理想的な状態）での反応式は見積もった結果、次式のようになった。



これより、バイオマス 1kg をガス化して得られる  $\text{H}_2$  は 0.052kg、CO は 0.71g となる。



型式名	固定床アップドラフト	固定床ダウンドラフト	外燃式キルン
構造			
特徴	直接ガス化、空気タールが多い(100,000ppm)ガス温度が低い	直接ガス化、空気タールが少ない(1000ppm)ガス温度が高い	間接ガス化、水蒸気タール量は中間チャー製造

図 3.4 代表的なバイオマスガス化炉形式

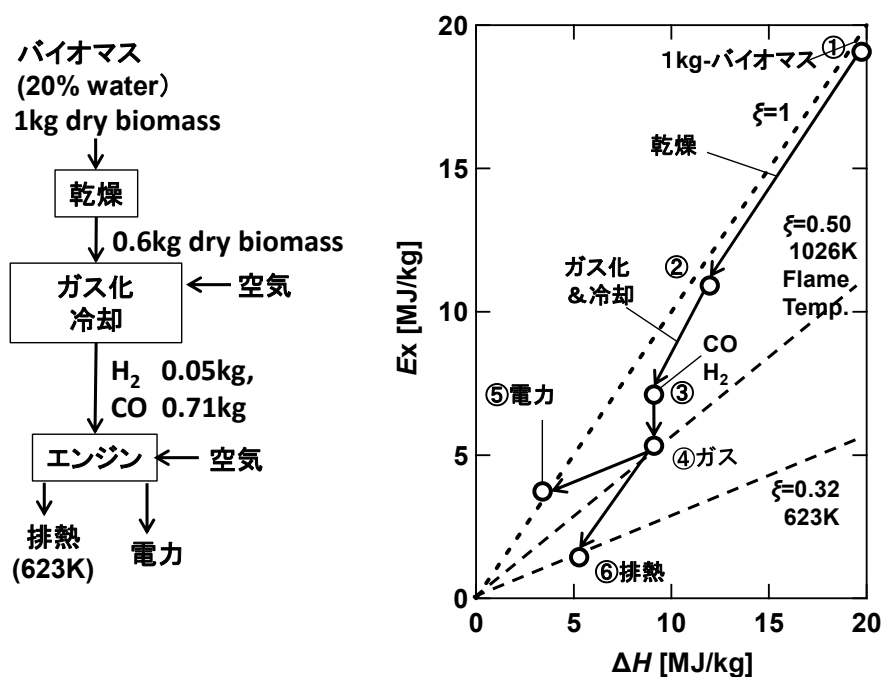


図 3.5 木質バイオマスのダウンドラフトガス化プロセスのパスダイアグラム

さて、図 3.5 に示すように、ダウンドラフト型ガス化での変換フローは、まずバイオマスを乾燥したのち、少量の空気を供給して式(3-12)の反応により  $H_2$ 、 $CO$  を多く含んだガスを得る。このガスを冷却して微量タールを完全除去したのち、ガスエンジンへ送

り燃焼させて発電し 623K の排熱を排出する。これをパスダイアグラムに順次プロットした結果を図 3.5 に示す。

乾燥過程での変化(①→②)は前項のバイオマス燃焼における乾燥工程と同一である。こののち、式(3-12)に従ってエネルギー自立の状態②→③へ変換される。このとき、点③は各出口ガスのエンタルピー及びエクセルギーに、式(3-12)中の量論係数(モル分率)を乗じ 1kg バイオマスあたりの量に変換したものを合計した量をプロットして決定できる。図中の②と③の比較からガス化に必要なエンタルピーは②と③のエンタルピー差になる。また、バイオマスの燃焼が大きく抑制されているので、燃焼に伴うエクセルギー損失が抑制され、エクセルギー効率 $\xi=0.8$ 程度の還元性ガス( $H_2, CO$ )が得られていることがわかる。次に、このガスをガスタービンに供給して燃焼した際の理論燃焼温度は 1025K となり、十分ガスエンジンの耐用温度である。よって、理想的には④の高温ガスを得たのち、⑤の電力と⑥の排熱に分配される。これによって、乾燥後のバイオマス(②の状態)を基準に約 28%を電力に変換できており、理論的には上述の高温燃焼プロセスに比べ高効率で変換できることを示している。

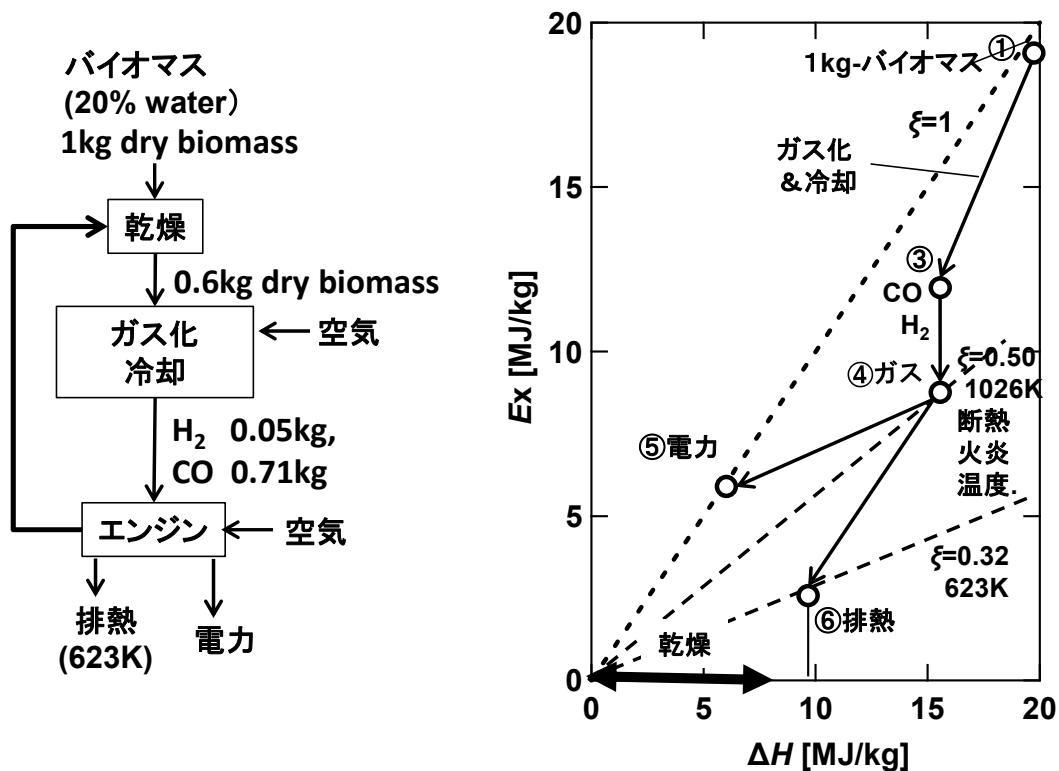


図 3.6 木質バイオマスのダウンドラフトガス化プロセスのパスダイアグラム  
(バイオマス乾燥に排熱を利用した場合)

しかし、いずれの場合もエクセルギー損失の多くは 20%の水分除去工程で、約 4 割のバイオマスを使用する必要がある。水分除去に必要なエネルギーをガスエンジン排熱で賄うとした場合を想定し、パスダイアグラムを作図した。排熱を利用する際は、バイオマスを乾燥工程では一切使用せず、乾燥に不足するエンタルピーは外部から供給するというルールで作図した。その結果を図 3.6 に示す。この場合、乾燥 1kg バイオマスの点 からガス化するという作図になる。図から、発電効率は変わらないものの、発電総量は約 1.5 倍にまで増加できる。一方、350℃の排熱エンタルピーは乾燥に必要なエンタルピー(約 8 MJ/kg) よりも大きく、バイオマス乾燥は 120~130℃で十分なことから、示した変換フローでエネルギー自立できることが判る。これより、排熱によるバイオマス乾燥を取り込んだガス化発電システムが合理的であることが示された。ただし、含水率 30%を超えると、排熱で乾燥エネルギーを賄うことができず、エネルギー的に自立困難になることは留意しておく必要がある。

### 3.3.3 木質バイオマス及び湿潤バイオマス廃棄物の炭化プロセス

最後にバイオマスの主要な熱化学変換法の一つである炭化プロセスについて検討する。炭化は不活性ガス中で行う必要があるため、炭化に必要な熱は外部加熱で行う。その反応器形式は先に示した外熱式ロータリーキルン方式が一般的で、回転する反応器の中でバイオマス固体が入口から順次加熱されながら反応器出口へと送られ、出口付近で熱分解最終温度に達して、固体チャーとして排出される。一方、加熱媒体である窒素ガスとともに生成ガスとタール蒸気は反応器出口へと排出される。この操作をエネルギー自立で行うために、排出したタール蒸気とガスは空気燃焼されてロータリーキルンの外部加熱源として使用される。このプロセスでの最終製品は炭化チャーである。さて、表 3.3[28]に示すように、汚泥のような湿潤バイオマス系廃棄物が圧倒的に多い。しかし、水分率が 70%以上あるため、そのまま燃焼あるいはガス化した場合はエネルギーが大幅にマイナスになりこれらの技術は適用が困難である。このため、現状は専ら発酵させて堆肥として利用していく方法がとられているが、堆肥余剰状態で埋め立て処分している課題を抱えている。これに対して、最近、大隈らは堆肥化過程の発酵熱を利用して水分を除去したものをエネルギー自立で炭化するプロセスを提案している[29, 30]。ここ

表 3.3 各種バイオマス賦存量と利用状況

対象バイオマス	年間発生量	利活用の状況
家畜排せつ物	約 8900万トン	堆肥利用 約90%
食品廃棄物	約 2200万トン	堆飼料利用 約20%、残り80%焼却、埋立
下水汚泥	約 7500万トン	建設資材、堆肥利用 約64% 埋立約36%
廃棄紙	約 1600万トン	古紙回収されず大半焼却
製材工場等廃材	約 500万トン	エネルギー、肥料利用 約90%
建築廃材	約 460万トン	製紙原料、ボード原料、家畜飼料等 約60%
農作物非可食部 (稲わら、もみ殻等)	約 1300万トン	堆肥、資料、畜舎敷料等への利用 約30%
林地残材	約 370万トン	ほとんど未利用

では、この変換プロセスを提案したパスダイアグラムを用いて評価し、木質系バイオマスの炭化と比較して、その優劣を考察する。ここで、湿潤バイオマスとしては、文献[29]で取り上げられている食品廃棄物、下水汚泥の混合物を代表として考えた。他の湿潤バイオマスと、元素組成、含水率、発熱量などそれほど大きな差はなく、湿潤バイオマスの代表として考えていくことに差支えないと判断される。

まず、図 3.7(b)に、木質バイオマス及び湿潤バイオマス廃棄物をそれぞれ乾燥させた試料を、窒素気流中 10K/min の昇温速度で加熱し熱分解したときの固体重量変化を示す[30, 31]。木質バイオマスは、300℃付近から主成分であるセルロースが一気に分解して液状生成物（タール）を生成し、400℃では 20%程度の固体炭化物（チャー）しか残らない。一方、湿潤バイオマス廃棄物は、200℃付近から徐々に分解し、400℃でも 50%の固体炭化物（チャー）が残存し、高温においても木質バイオマスに比べ 2 倍以上の固体炭化物（チャー）が得られることがわかる。上述のように、炭化プロセスでは生成タールを燃焼させて外部加熱で炉を加熱する方式をとっており、このプロセスでエクセルギーパスダイアグラムを作成する上で、エネルギー自立するための温度を決定する必要がある。そこで、それぞれの試料の熱分解中のエンタルピーのバランスを既往の研究で示されている生成物収率[29-31]をもとに各ガスの標準生成熱、定圧熱容量の物性データからエンタルピー計算を行った。また、タールの燃焼エンタルピーはセルロースの燃焼エンタルピーと仮定し、熱分解反応エンタルピーは示差熱量計を用いた実験データ[32]

から算出した。その結果を表 3.4 に示す。表中の最下欄に示した熱分解に必要な熱量は、反応熱、ガス、固体のエンタルピーの和である。この熱量に対して、タールの燃焼熱量が多ければエネルギー自立できることになる。

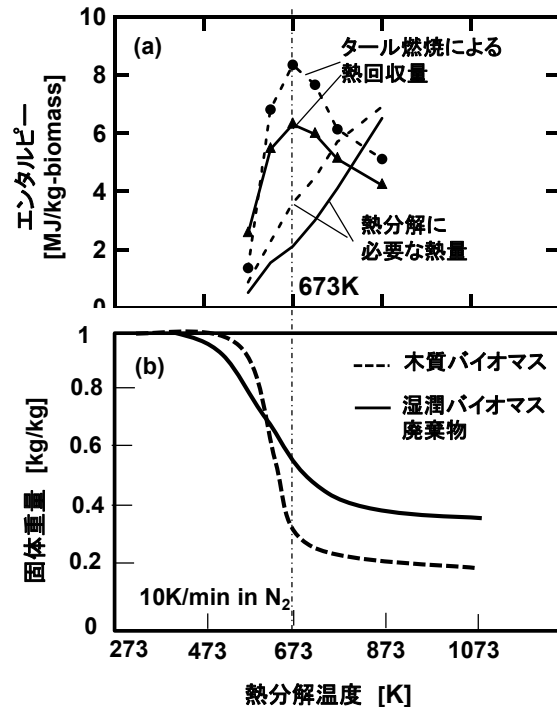


図 3.7 木質バイオマス及び湿潤バイオマス廃棄物の熱分解挙動

表 3.4 バイオマスの熱分解時の生成物収率とエネルギーバランス

木質バイオマス 1kg on dry base						
熱分解温度 [K]	573	623	673	723	773	873
チャー[kg]	0.89	0.45	0.25	0.22	0.21	0.2
タール[kg]	0.08	0.4	0.49	0.45	0.36	0.3
H <sub>2</sub> O [kg]	0.02	0.1	0.2	0.26	0.34	0.35
Gas [kg]	0.01	0.05	0.06	0.07	0.09	0.2
タール燃焼熱[MJ]	1.36	6.8	8.33	7.65	6.12	5.1
反応熱	0.052	0.289	0.397	0.413	0.418	0.422
H <sub>2</sub> O, gasのエンタルピー [MJ]	0.33275	1.67625	3.0065	3.86375	5.07675	6.3225
固体のエンタルピー[MJ]	0.5415	0.5815	0.5845	0.6	0.6175	0.652
熱分解に必要な熱量[MJ]	0.87425	2.25775	3.591	4.46375	5.69425	6.9745
湿潤バイオマス廃棄物 1kg on dry base						
熱分解温度 [K]	573	623	673	723	773	873
チャー[kg]	0.85	0.61	0.51	0.46	0.42	0.38
タール[kg]	0.15	0.32	0.37	0.35	0.3	0.25
H <sub>2</sub> O [kg]	0	0.07	0.09	0.15	0.22	0.35
Gas [kg]	0	0	0.03	0.04	0.06	0.13
タール燃焼熱[MJ]	2.55	5.44	6.29	5.95	5.1	4.25
反応熱	0.052	0.289	0.397	0.413	0.418	0.422
H <sub>2</sub> O, gasのエンタルピー [MJ]	0	0.8505	1.38075	2.2255	3.3015	5.65925
固体のエンタルピー[MJ]	0.5195	0.6855	0.7795	0.804	0.817	0.859
熱分解に必要な熱量[MJ]	0.5195	1.536	2.16025	3.0295	4.1185	6.51825

この計算結果に基づき、図 3.7(b)に熱分解に必要なエンタルピーとタール燃焼で回収できるエンタルピーを各熱分解温度に対してプロットした。木質バイオマスの場合（図中破線）、350～500℃の温度域でタールの燃焼エンタルピーが大きくエネルギー自立できる。一方、湿潤バイオマス廃棄物（図中実線）では、300～550℃とエネルギー自立温度領域が広い。これは、図 3.7(b)にて述べたように、木質バイオマスでは 300～400℃で一気に熱分解する特性に起因している。この図から、パスダイアグラムを作図するための炭化温度として最もエンタルピー差がありかつ主要な熱分解が終了している 400℃を採用した。実際のプロセスでは放熱やタール燃焼温度、炭化反応状態の安定性などから木質バイオマスでは 500～600℃程度で運転しており、補助燃料の使用や生成炭化物の一部燃焼などでエネルギーを賄っている。しかし、本論文では理想的な炭化プロセスを考えた場合のエクセルギーパス、木質と湿潤廃棄物のエクセルギー損失の違いを比較することが目的であるため、上述の 400℃と同一熱分解温度に設定した。

まず、木質バイオマスの炭化プロセスのエクセルギーパスを図 3.8 に示す。20% 含水バイオマスを、熱分解炉の排熱を利用して乾燥させ、そののち、400℃の熱分解炉へ送

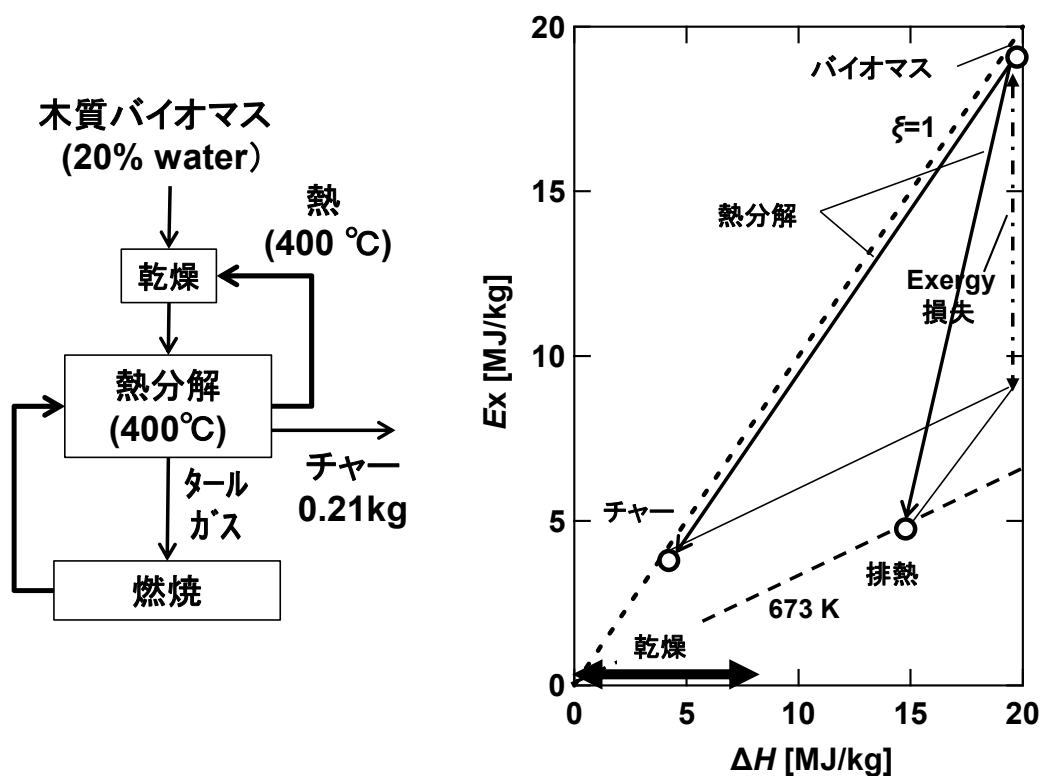


図 3.8 木質バイオマスの炭化プロセスのパスダイアグラム

られ生成物のチャーを得る。生成したタール、ガスは燃焼して外部加熱で熱分解炉に熱を供給したのち 400℃で排出される。このプロセスに従って、ダイアグラムを作成すると、木質バイオマスは熱分解によって  $\xi=0.95$  のチャーと 400℃の排熱に分配される。元のバイオマスのエクセルギーから、生成したチャーと排熱のエクセルギーの和を差し引いた量（図中の一点鎖線）が、本変換過程のエクセルギー損失となる。木質バイオマスを 400℃で炭化した場合には、元々保有していたバイオマスのエクセルギーの約半分の 10 MJ/kg-biomass が損失していることがわかる。この値は図 3.6 で示したガス化時のエクセルギー損失とほぼ同じであり、炭化プロセスにおいて排熱利用ができれば、炭化プロセスを通じてチャー（高密エネルギー資源）貯蔵する、必要な場所へ輸送するなどの手段として考えても、ガス化と遜色ないことがわかる。逆に、炭化チャーを大型石炭火力に投入することで、バイオマスガス化プロセスでの発電効率の倍近い効率で電気に変換でき、トータルとして高効率なパスになり得る。

次に、大隈らの提案しているプロセス[29, 30]に従い、湿潤バイオマス廃棄物のパスダイアグラムを検討した結果を図 3.9 に示す。80%含水バイオマス廃棄物を、まず数週間かけて部分堆肥化し、その発酵熱で乾燥を行う。大隈らのデータによれば、水分率 20%程度まで乾燥させるのに約 25%のバイオマスが消費される。このように得た処理物に対して、木質バイオマスと全く同じシステム（タール燃焼熱による加熱、排熱による 20%水分の除去）、同じ条件（400℃）で炭化を行う。これをパスダイアグラムに描くと、発酵熱乾燥によって、バイオマスのエクセルギーは減少し、そののち、チャーと 400℃の熱に分配される。このとき、排熱エンタルピーは 20%水分除去に必要なエンタルピーよりも大きいので、想定したプロセスはエネルギー自立できることがわかる。分配されたチャーと排熱のベクトル合成からエクセルギー損失を見積もると、約 5 MJ/kg-biomass となり、炭化過程でバイオマスの保有するエクセルギーの約 1/3 程度のエクセルギー損失に抑えられている。80%含水状態からの発酵乾燥で約 6 MJ/kg-biomass のエクセルギーを損失しているので、合計は約 11 MJ/kg-biomass と木質バイオマスの炭化過程とほぼ同じ損失となる。しかし、チャーと排熱への分配が大きく異なり、湿潤バイオマス廃棄物の場合は約 6 MJ/kg-biomass のエクセルギーをチャーとして保存でき、木質バイオマスのそれと比較して 1.5 倍程度、高エネルギー密度固体として回収できる。

これは、湿潤バイオマス廃棄物の熱分解が緩慢であることに起因する（図 3.7(b)）。また、同時に湿潤バイオマス廃棄物が炭化プロセスを通じて完全無害化されている点も意義がある。この結果から、これまで熱化学変換は困難とされてきた高含水バイオマス廃棄物に対して、図 3.8 で示した発酵熱乾燥－炭化という方法は、木質バイオマスの燃焼、ガス化、炭化よりも高効率にエネルギー回収できることが判った。このように、提案したパスダイアグラムから技術間のエクセルギー有効利用の比較が定量的に実施でき、対象バイオマスを熱化学変換する上で、エネルギー自立条件や合理的なパスの検討をする上で有用であることが示された。

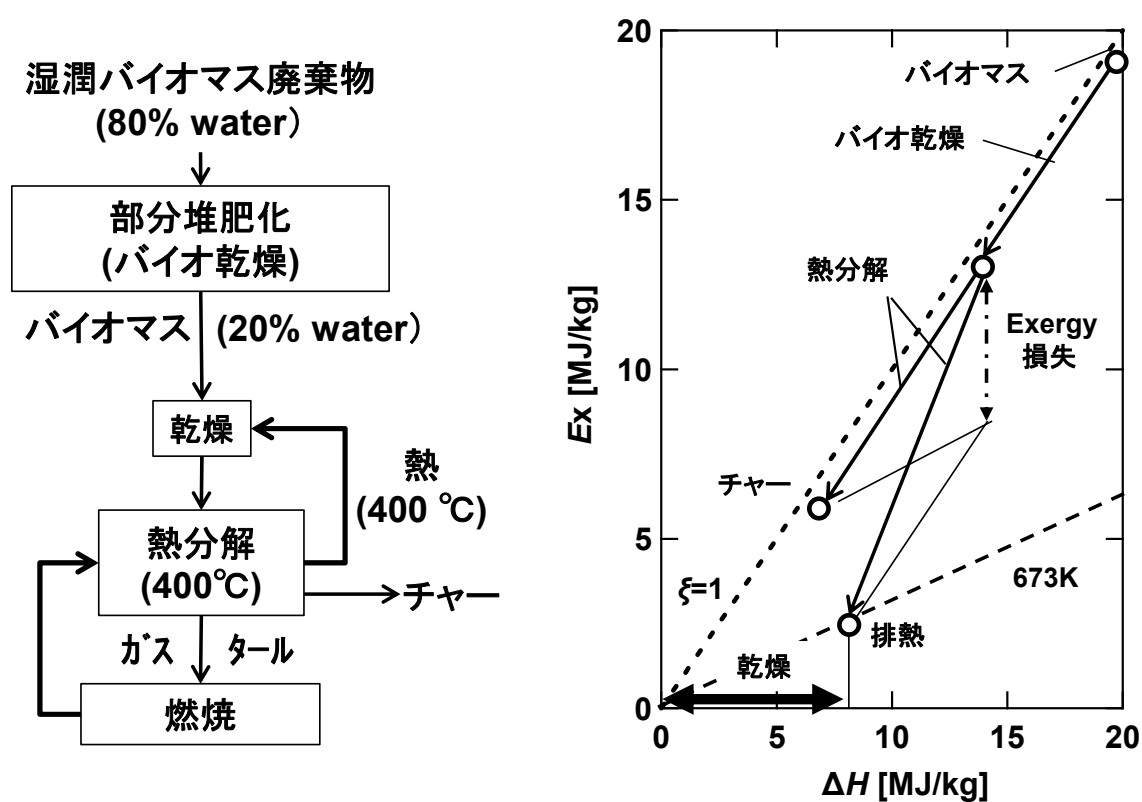


図 3.9 湿潤バイオマス廃棄物の炭化プロセスのパスダイアグラム

### 3.3.4 パスダイアグラムとコストダイアグラムの組合せ

このように、提案したパスダイアグラムを利用すれば、理想的な電力と熱の生産バランスをベクトル分解により決定できたので、この結果をもとに、前章で提案した廃棄物廃熱価値評価ダイアグラム（コストダイアグラム）を組み合わせ、原料バイオマスの価値評価、利用スキームの採算性が評価できる。ここでは一例として、図 3.6 で示した



ダウンドラフト反応器により、年間 1000t（乾燥基準）の木質バイオマスをガス化し、発電と熱利用するプロセスを検討する。図 3.6 で決定した変換スキームに従い、廃棄物廃熱価値評価ダイアグラムを図 3.10 に作図した。作図法は前章で説明したとおりである。その手順を以下に示す。ただし、建設コストは無視した。

手順 1) 図 3.6 のパスダイアグラムで検討した結果から、バイオマスのもつエネルギー（① $Q_m$ ）は、x 軸上の②の電力と③の熱のエネルギーに分配する。

手順 2) 電力料金、ガス料金曲線から②③それぞれのエネルギーに相当するコストをベクトル合成して④のトータルの価値が決定される。

手順 3) 木質バイオマスのエネルギー基準の原料コストライン（c）（ここでは製材所排出チップ標準価格を採用）から  $Q_m$  に相当するコストを決定する（線分 e）。

手順 4) パスダイアグラムでは、放熱もなしの理想的なパスで検討しているが、実際には装置の良し悪し、ユーティリティ（粉碎など）にエネルギーが必要である。ここではプロセス効率  $\eta = 0.7$  として、重油コストライン(d)から  $Q_i$  を決定した。これより外部エネルギー供給によるコストは線分 f で決定される。

手順 5) 点④のコストから線分 e と f の合計コストを差し引きバイオマス価値が決定される。

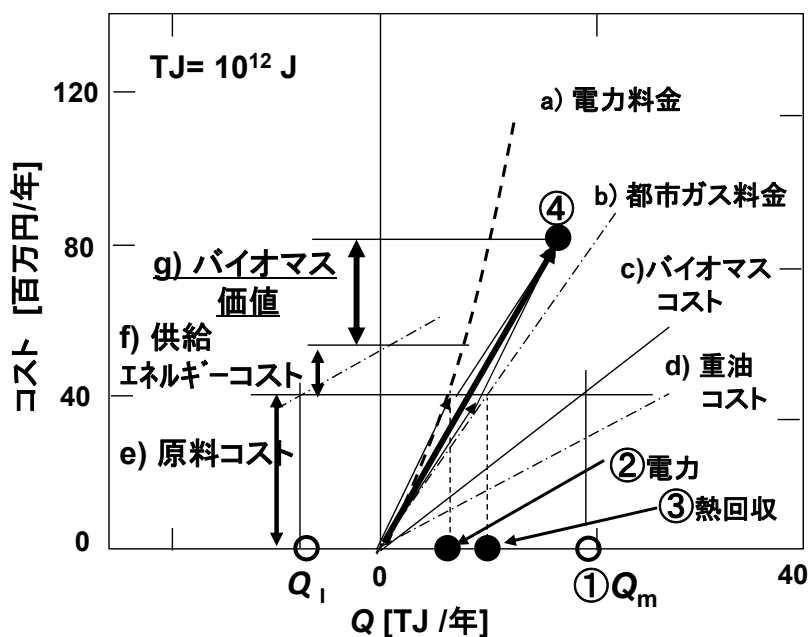


図 3.10 木質バイオマスのダウンドラフトガス化プロセスを採用した場合のバイオマスの価値評価

以上の作図より、製材所排出のチップであれば、建設コストをカウントしなければコスト的にもペイするという結果が得られた。しかし、建設コストを10年減価償却でカウントするとマイナスになるものと思われる。また、熱需要がフィットしなければコスト的にもマイナスになる。これらの結果から、地方公共団体は、建設や人件費にいくらの補助金を出せば良いか、バイオマスタウンでの熱需要スキームの必要条件などがほぼ定量的に見積もれる。このように、本章でのパスダイアグラム、前章でのコストダイアグラムを利用することで、バイオマスをエネルギー、コストの両面で合理的なスキームを策定できる。また、廃棄物のもつエクセルギー、コスト両面からの価値も評価できる。

### 3.4 結論

バイオマスは廃棄物であっても、水素やメタンなどのエネルギー資源と同じエクセルギー効率を有している。エクセルギーの観点からバイオマスの変換パスダイアグラムによる評価法を提案した。この方法は、エクセルギーとエンタルピーの関係図で、傾きでエクセルギー効率を表現するもので、流体がある温度で有するエクセルギー効率を原点を通過する直線で表現できる点に特徴を有している。木質バイオマスを対象に、各種熱化学転換プロセスの理想的なエクセルギーパスを作図し比較した結果、単純燃焼よりもガス化の方が優れていること、ガス化と炭化はほぼ同等のエクセルギー損失を伴うこと、含水率30%以下のバイオマスであればプロセス排熱で水分除去することで合理的なバイオマス変換が可能なが判った。また、これまで処理困難とされてきた湿潤バイオマス廃棄物に対して、発酵熱乾燥と炭化を組み合わせたプロセスによって、木質バイオマスよりもエクセルギー的に有効利用できることも明らかになった。今後、廃棄物・廃熱価値を各地のバイオマスタウンのデータ等を用いて、具体的な変換スキームを検討し、各地域に適ったスキームを提示していくとともに、地域特性の違いを抽出していくなどの研究を進めていく予定である。

### 参考文献

- [1] 前奈緒子，勝見武，乾徹，前一廣（2011）：処理技術を考慮した有機系廃棄物と廃熱の価値の評価法の提案，第22回 廃棄物資源循環学会研究発表会要旨集、A2-4.

- [2] Mae, N., Katsumi, T., Inui, T., Mae, K. (2011): Development of diagram for estimating value of wastes and waste Heat in association with technology, Proc. Ecodesign2011, G1-05.
- [3] Jorgensen, S.E.: Eco-Exergy as Sustainability, (WIT Press Boston, 2006).
- [4] Rosen, M.A. (2002): Can exergy help us understand and address environmental concerns?, Exergy, Vol.2, pp.214–217.
- [5] Hepbasli, A. (2008): A key review on exergetic analysis and assessment of renewable energy resources for a sustainable future, Renew. Sustain, Energy Rev., Vol.12, pp.593–606.
- [6] Rosen, M.A., Dincer, O., Kanoglu, M. (2008): Role of exergy in increasing efficiency and sustainability and reducing environmental impact, Energy Policy, Vol.36, pp.128–137.
- [7] Wall, G., Gong, M. (2000): On exergy and sustainable development—Part 1: Conditions and concepts, Exergy, Vol.1, pp.128–145.
- [8] Wall, G., Gong, M. (2000): On exergy and sustainable development—Part 2: Indicators and methods, Exergy, vol.1, pp.17-29.
- [9] Ao, Y., Gunnewiek, L., Rosen. M.A. (2008):. Critical review of exergy-based indicators for the environmental impact of emissions, Int. J. Green Energy, vol.5, pp.87–104.
- [10] Spiegelman, E., Spiegelman, G., Spiegelman, J. (2007): Money as social exergy. J. Bioecon, vol.9, pp.265–277.
- [11] Gaudreau, K., Fraser, R., Murphy, S. (2009): The tenuous use of exergy as a measure of resource value or waste impact, Sustainability, vol.1, pp.1444–1463.
- [12] Rosen, M.A., Dincer, I. (1999): On exergy and environmental impact, Int. J. Energy Res., Vol.21, pp.643–654.
- [13] Ayres, R.U., Ayres, L.W., Martinas, K. (1998): Exergy, waste accounting, and life-cycle analysis, Energy, Vol.23, pp.355–363.
- [14] Rosen, M.A., Dincer, I. (1999): Exergy analysis of waste emissions, Int. J. Energy Res., Vol.23, pp.1153–1163.

- [15] Szargut, J.: Exergy method—Technical and ecological applications, (WIT Press Boston, 2005).
- [16] Favrat, D., Marechal, F., Epelly, O. (2008): The challenge of introducing an exergy indicator in a local law on energy, *Energy*, Vol.33, pp.130–136.
- [17] Cornelissen, R.L., Hirs, G.G. (2002): The value of the exergetic life cycle assessment besides the LCA, *Energy Convers. Manag.*, Vol.43, pp.1417–1424.
- [18] Ishida, M., Kawamura, K. (1982): Energy and exergy analysis of a chemical process systems with distributed parameters based on the enthalpy-direction factor diagram, *Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev.*, Vol.21, No.4, pp.690-695.
- [19] Ishida, M., Ji, J. (1999): Graphical exergy study on single stage absorption heat transformer, *Applied Thermal Engineering*, Vol.19, pp.1191-1206.
- [20] Ishida, M., Yamamoto, M. (1999): Graphical evaluation of Gibbs free energy change from process, *J. Chem. Eng. Japan*, Vol.32, No.5, pp.708-709.
- [21] 堤敦司 (2001): エネルギーと物質のコプロダクションによる革命的省エネルギー技術の理論と展開, *金属*, Vol.71, No.11, pp.1101-1106.
- [22] 堤敦司(2008): 超燃焼技術, *日本燃焼学会誌*, Vol.50, No.151, pp.39-43.
- [23] Kansha, Y., Tsuru, N., Sato, K., Fushimi, C., Shimogawara, K., Tsutsumi, A. (2009): Self-heat recuperation technology for energy saving in chemical processes, *Industrial and Engineering Chemistry Research*, Vol.48, No.16, pp.7682-7686.
- [24] Kansha, Y., Tsuru, N., Sato, K., Fushimi, C., Shimogawara, K., Tsutsumi, A. (2010): Integrated process module for distillation processes based on self-heat recuperation technology, *J. Chemical Engineering Japan*, Vol.43, No.6, pp.502-507.
- [25] Fushimi, C., Kansha, Y., Aziz, M., Mochidzuki, K., Kaneko, S., Tsutsumi, A., Matsumoto, K., Kawamoto, N., Oura, K., Yokohama, K., Yamaguchi, Y., Kinoshita, M. (2011): Novel drying process based on self-heat recuperation technology, *Drying Technology*, Vol.29, pp.105-110.
- [26] Bejan, V: *Advanced Engineering Thermodynamics*, 2nd ed., (Wiley- Interscience: New York, NY, USA, 1998).

- [27] 渡辺健吾, 柏村崇: バイオマス発電の最新技術, 吉川邦夫監修、(シーエムシー出版, 2006).
- [28] 横山伸也編集: バイオマスハンドブック, (日本エネルギー学会, 2009).
- [29] 大隈修, 林順一, 福永泰幸, 足立義男, 増井芽, 西田直史, 田中努 (2011): エネルギー自立型堆肥・炭化プロセスの開発 (炭化設備の導入), 第 21 回廃棄物資源循環学会, B-076.
- [30] 大隈修, 林順一, 福永泰幸, 足立義男, 増井 芽, 西田直史 (2011): 湿潤バイオマスの発酵乾燥・炭化プロセスの開発, 第 6 回バイオマス科学会議発表論文集、O-06.
- [31] 大向吉景 (2008): 博士学位論文「エネルギーの高効率回収を目指した有機系廃棄物の新規熱分解法に関する研究」(京都大学) .
- [32] Ratha, J., Wolfingera, M.G., Steinera, G., Krammera, G., Barontinib, Cozzani, V (2003): Heat of wood pyrolysis, Fuel, Vol.82, pp.81–91.

## 第4章 環境製品導入に対比させた家庭内環境配慮行動の価値評価法の検討

### 4.1 序論

第1章で提案した低炭素循環地域社会設計において、エネルギー消費密度、CO<sub>2</sub>排出密度のゾーン間勾配を低減するには、エネルギー使用量、CO<sub>2</sub>排出量が突出した居住ゾーンでの省エネ、環境配慮行動が非常に重要であることを認識した。この10年、家庭製品も環境配慮型にシフトしてきており、数多くのエコ電化商品が提供されている。一方、震災後の電力需給逼迫の危機、電力料金の値上げが大きな引き金になり、消費者の省エネ行動が加速し、各種見える化機器のモニターによる省エネ、環境配慮行動を積極的に進める住民も増えた。今後、この消費者の環境意識をより広範囲に広げるには、より定量的な配慮行動の価値評価が望まれるところである。

さて、環境配慮製品（エコ製品）は、これを世の中に浸透することによって、消費者の環境意識の有無にかかわらず、利便性を付与しつつ一定量の省エネ、CO<sub>2</sub>排出抑制を保証し環境共生型社会へ導けるという点で、工業が社会に寄与する素晴らしい媒体である。第1章で述べたように、この商品の環境への寄与を評価する手法として、ライフサイクルアセスメント（LCA）、環境設計（エコデザイン）、環境効率などが数多く提案されている。LCAは、製品のライフサイクル（製造～使用～廃棄）全体を通じてのエネルギー消費量、CO<sub>2</sub>排出量を精密に計算し評価できる非常に優れた手法である[1-3]。このLCAで算出したデータをベースに、環境効率[4-6]、ファクターX[7-12]、などの指標が提案されている。これらの指標は家庭電気製品の評価を行うために開発、発展してきた指標で、環境効率では化石エネルギー投入量に対する製品の機能（明るさや容量など）の増強度合を表すもので、旧製品と新製品の比をとることにより環境配慮の程度を評価している。このように、新製品のCO<sub>2</sub>排出量に関する評価は十分なされているが、一般に新製品は旧製品に比べ価格が高い。上述の消費者の省エネ行動からも推測されるように、新製品導入のコスト高と省エネ程度のバランスで導入の可否が決定されるものと思われる。これを消費者自身が判断できる指標の開発が望まれる。

一方、第 1 章で述べたように、Dietz ら[13]は、社会学の立場から環境のもつ価値を考察し、環境価値には、哲学的価値、経済的価値、社会的価値があること、環境配慮主義へ向かう要素としては、自己満足、利他主義、伝統主義、開放性の 4 つの要素が支配しており、この中で、利他主義が最も行動パターンを変化させると論じている。Axelrod ら[14] は環境配慮行動を誘発する役割をもつ信頼の単位を調べ、環境保護に関する態度、問題の重要性、脅威認識、効能への信頼度が支配的な因子であることを示しており、効能への信頼度を増す仕組み作りが重要であることが示唆されている。また、Corraliza [15] は、環境配慮行動は、1) 個人的な変数と状況変数に依存し、これら 2 つの変数の衝突が大きいと行動制限され、方向が一致すれば行動が大きく増大する。特に、状況変数が最も重要であると結論づけている。一方、リサイクル問題を取り扱った社会心理学的研究として、Barr [16] は、家庭内廃棄物への環境行動に関して、環境価値、状況特性、心理学的因子の役割を検討し、削減、リユースは環境価値、環境への知識、関心といった因子を根拠に進められ、リサイクルは高い規範（倫理）行動によって進められると考察している。このように、環境配慮行動を誘発するものは、いわゆる充実感に帰着する。しかし人それぞれ充実感の基準や尺度が異なる。自分の行動が環境保全に寄与しているという精神的なものから、費用を抑えたという物質的なものまで多様である。充実感は個人のスタンスに基づき感じれば良いものであるが、個人の環境配慮行動の選択が環境保全やコスト抑制にどれほど寄与しているかを判断できるものが存在しない。例えば、CO<sub>2</sub> 排出量を抑制した環境配慮製品が開発されても、この新製品が高価な場合は旧製品を用いた環境配慮行動の方がなお合理的なケースもある。消費者は CO<sub>2</sub> 排出抑制の程度とライフサイクルコストのバランスを考えて環境配慮製品を選択すべきである。しかしながら、我々が実施しようとする環境配慮行動に対する定量的な価値評価の情報はないため、この判断ができない。消費者が適切な行動（エコ製品購入か環境配慮行動か）を意志決定できるように、両者を対比させて定量的に比較評価できる手法の開発が望まれる。これによって、個人は環境保全貢献度と費用節約という両面で認識でき、個人の充実感をより確実なものとできる。この手法のポイントは CO<sub>2</sub> 排出抑制の程度とライフサイクルコストの両面を総合的に評価できる指標の開発にある。しかしながら、これまでの先行研究では、環境行動のコスト評価まで扱った手法はない。

本章では、この観点から、まず環境行動を柔軟かつ定量的に考えるための新環境評価指標を提案する。次に、この環境評価指標に基づいて、環境配慮製品及び旧製品の LCA 解析を用いて、ライフサイクル中の CO<sub>2</sub> 排出量とライフサイクルコストのプロファイルを比較して環境配慮行動のコストを新製品導入に対比させて評価する手法を提案する。提案した手法をエアコン、冷蔵庫、自動車などの主要な家庭製品に適用し、取るべき環境配慮行動の程度の定量化、その行動の 1kg-CO<sub>2</sub> 削減あたりの価値を算出する方法を提示し、その有用性を検証する。

## 4.2 提案した評価法の概要

### 4.2.1 新環境指標の定義

環境配慮行動による CO<sub>2</sub> 排出量削減を実施する場合には、どのような空間でどのような速度でエネルギー（例えば電気）を消費していくかを考えることが重要となる。地球温暖化に影響を及ぼす CO<sub>2</sub> 排出量は積分値で考えることが基本となる。ここでは、家庭内での CO<sub>2</sub> 排出量削減を考えていくが、家庭内での CO<sub>2</sub> 発生源は、大別して、電化製品、照明器具、ガス器具の消費と自動車利用である。これらの消費の抑制は、どのような状況でどの程度の速度で消費していくかということに帰着する。よって、環境配慮行動を誘発するには、このエネルギー消費（CO<sub>2</sub> 排出）を、どのような時間、空間で行うべきかを示唆できる指標が望まれる。本研究では、これを表現する指標として、式(4-1)に示す環境空間寿命という新しい指標を考案した。

$$(\text{環境空間寿命}) = \frac{(\text{着目製品の消費時間})}{(\text{使用空間})} \quad (4-1)$$

提案した指標は、ある空間で使用される製品の消費時間を表す。ここで、使用空間の設定は、使用する製品によって適切に定義する。使用空間の単位は、体積、居住空間、人数、世帯など任意に定義可能としている。例えば、製品を使用する時間を半分にするごとと、空間を倍（例えば使用人数を倍）することは同じ環境空間寿命の値となり、使用に伴う CO<sub>2</sub> 発生量を時間で抑制するのか、空間で抑制するのかという選択を定量的に設定できる指標となっている。また、環境空間寿命は、対象とする系によって、元素レ



ベル、化合物レベルでも定義でき、炭素の循環寿命やセメントの存在寿命などを考える際にも利用可能である。このように定義した環境空間寿命の特徴を纏めると、

- ① 種々の製品使用に伴う CO<sub>2</sub> 発生量を簡便かつ公平に比較できる。
- ② 消費量 (=CO<sub>2</sub> 発生量) を抑制するための適切な空間を推定できる。
- ③ CO<sub>2</sub> 削減の環境配慮行動の定量的な目標を時間と空間の組合せで提示できる。

などの利点がある。この指標は、どの程度広く、どの程度ゆっくりと消費すると、環境保全に繋がるかを示す指標といえよう。この指標に基づいた定量的な行動指針を得ることで、環境保全に対する充実感をより明確に感じることができると考えている。

#### 4.2.2 製品のライフサイクルチャートの作成

まず、家庭内の工業製品の使用に伴う CO<sub>2</sub> 発生量、経費を製品のライフサイクルで表すチャートを提案した。このチャートは累積 CO<sub>2</sub> 発生量、あるいは累積経費を縦軸に、消費時間を横軸にとった図で、ある製品の旧製品、新エコ製品の比較や各工業製品間の比較などに利用する。図 4.1 にその模式図を示す。これを用いて、以下に作図法を示す。

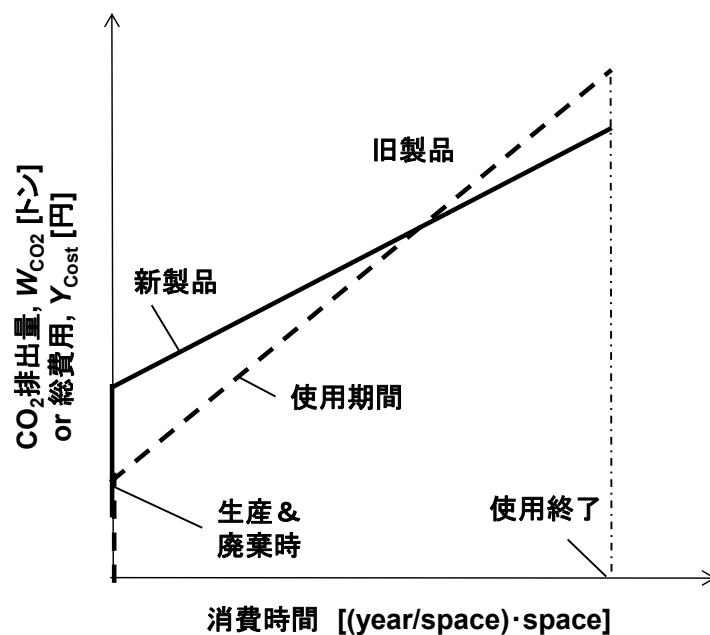


図 4.1 提案したチャートと作図法

手順 1) LCA 解析により、ある製品の資源採掘～製造時までと廃棄時の CO<sub>2</sub> 排出量を算出し、y 軸切片にプロットする。

手順 2) LCA 解析により、その製品の使用時に排出される CO<sub>2</sub> 排出速度（年あたりの CO<sub>2</sub> 排出量）を算出し、それを傾きとして、手順 1) で決定された y 切片から使用最終年まで直線を引く。

この際、手順 2) の計算での使用期間はその製品の平均的な使用期間とする。また、製品の年使用量は、世帯平均を使用する。電気製品の場合であれば、対象製品の消費電力と年使用量から年間電力使用量が算出できるので、これから CO<sub>2</sub> 排出量を計算することも可能である。一方、経費に関しても、同様に、手順 1)、2) により算出しプロットする。以上の作図を旧製品、環境対応新製品のそれぞれで実施し同一チャート上で比較することで、CO<sub>2</sub> 排出削減効果が出る年数及び経費回収年数が一目瞭然で判定できる。

#### 4.3. 環境配慮行動の定量的評価

##### 4.3.1 主要電気製品及び自家用車の技術革新効果

現在の我々のライフスタイルには、自動車と各種電気製品は必需品となっており、日本の全消費エネルギーの約 4 割近くを占めている。よって、CO<sub>2</sub> 排出量を大幅に削減するには、この家庭内でのエネルギー使用量を抑制することが不可欠とされている。この社会的な要請から、家庭用の各種省エネ電化製品やハイブリッド車に代表される燃費が格段優れた自家用車が商品化され各家庭に浸透しつつある。このように、環境に配慮した省エネ工業製品への技術革新は、消費者の環境に関するマインドに係らず、一定量の CO<sub>2</sub> 削減を保証できる点で低炭素社会へ誘導するための確実かつ効果的なアプローチである。しかし、全ての電化製品が同じ省エネ効果（＝CO<sub>2</sub> 削減効果）を保有しているわけでもなく、使用頻度の違い、生産、廃棄時の CO<sub>2</sub> 発生量の違いなども考えると、環境配慮製品導入効果は強弱があると思われる。また、通常、環境配慮新製品は初期の購入価格が高く、全ての製品を新製品に置き換えることは不可能で、どの製品を新製品にするのが効果的かなどの判定材料が必要である。

そこで、ここでは、代表的な家庭電化製品及び自家用車を対象に、前節で提示したチャート上に環境配慮新製品と旧製品の累積 CO<sub>2</sub> 排出量及び累積経費のライフサイクルプロファイルを作図し、新技術導入の効果を検討した。対象製品は、表 4.1 に示すテレビ、冷蔵庫、エアコン、自家用車の 4 項目で検討した[17-19]。各社が提供している LCA 解析可能なデータの入手が困難であったため、各製品の新・旧の比較は古いものが多いなっていることを断っておく。また、コストに関しては、現在、年単位で価格は大幅に低下する状況であるが、今回対象とした新製品が販売された時（表中の西暦年）の価格で計算している。以上、詳細データが公開されているものが少なく、年度も古いので、今回取り上げた商品以降も技術革新は行われており、ここで示すデータは、新製品発売当時での評価であり、あくまで今回提案した評価法の例として取り上げていることを断っておく。ただし、自家用車、冷蔵庫、エアコンに関しては、ここで示した値は、各製品の代表的なデータとみなして良い。一方、テレビに関しては、デジタル化により液晶テレビが広く浸透しているため、現在の製品を代表するとは言い難い。尚、各電化製品の使用期間は、各社が報告している平均年数を採用した。また、自家用車に関しては、通常 5 年程度であるが、ここでは 10 年とした。

表 4.1 比較した電化製品、自家用車のモデルと設定条件

テレビ[17] (32wide 1台 使用期間: 8 年)	旧: Panasonic 2005 Model (ブラウン管)
	新: Panasonic 2006 Model (液晶)
冷蔵庫[18] (400L, 1台, 使用期間: 8 年)	旧: Sharp 2006 Model
	新: Sharp 2010 Model
エアコン[18] (33m <sup>2</sup> type, 1台 使用期間: 11年)	旧: Sharp 2006 Model
	新: Sharp 2008 Model
自動車[19] (10000km/年, 使用期間: 10年 10モード燃費)	トヨタガソリン車(1800 cc) 15km/L
	ハイブリッドカー(トヨタプリウス 1800 cc) 30km/L
	電気自動車(標準型)

以上の前提で、各データ[17-19]から算出したプロファイルを図 4.2 に示す。我々の購買行動を考えると、環境配慮新製品が出た際に、使用している旧製品の寿命が来ていない場合でも買い替えることも十分考えられる。その場合、新製品、旧製品の使用期間などに多くのバリエーションが生じる。本論文では、単純に新製品のもつ CO<sub>2</sub> 削減効果を旧製品のそれと比較するために、上述のような購買パターンは考えず、同じ使用期間で比較した。

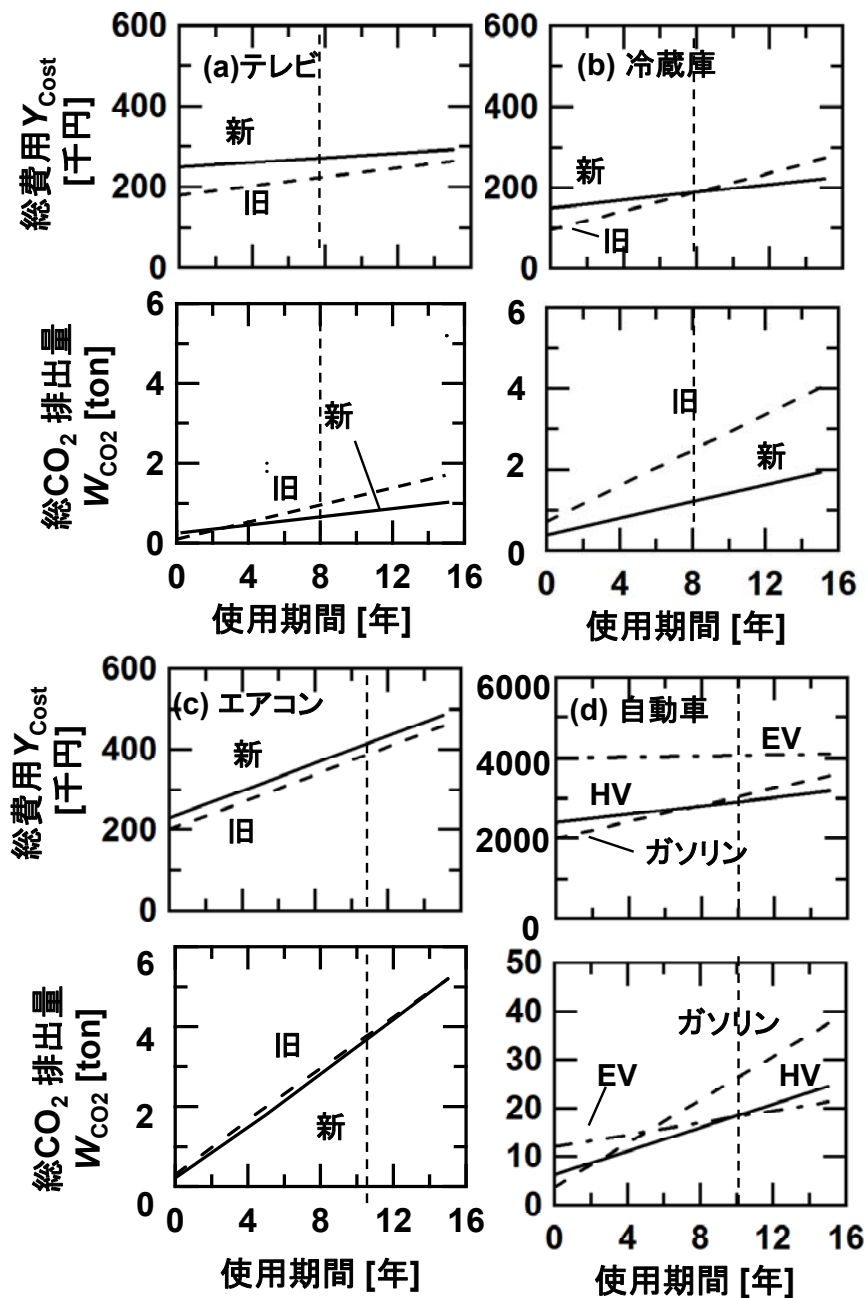


図 4.2 各製品の累積 CO<sub>2</sub> 量、累積経費のライフサイクルプロファイル

まず、製品ごとにパターンが大きく異なることがわかる。周知のように、今回選定した製品のデータでは、自家用車が CO<sub>2</sub> 排出量、経費とも電化製品に比べ、1 オーダー大きな消費財となっている。ここに挙げた家庭電化製品の合計の CO<sub>2</sub> 排出量、経費は、自家用車の約 1/3 で、照明器具や暖房、風呂などを考えると、自家用車の負荷は約半分と推測される。このことは、自家用車をどのように使用するかが家庭内での CO<sub>2</sub> 排出量削減の大きなポイントであることを示している。一方、必要経費あたりの CO<sub>2</sub> 排出量を各旧製品で比較した結果を表 4.2 に示す。計算は使用期間終了時の累積 CO<sub>2</sub> 排出量を累積経費で割った値である。表から、各製品とも 4~14 g-CO<sub>2</sub>/円の範囲に入っており、この指標での比較では、自家用車も他の電化製品と同等である。CO<sub>2</sub> 排出量はエネルギー消費量と比例関係にあるので、ここで選択した製品は、ほぼ原油エネルギー価格に連動したバルク商品であることを示している。

表 4.2 必要経費あたりの CO<sub>2</sub> 排出量 [g-CO<sub>2</sub>/円]

テレビ	冷蔵庫	エアコン	自動車
4.93	13.3	9.67	9.27

さて、図 4.2 のプロファイルのパターンを分類すると、以下の 3 パターンに区分できる。

タイプ I :  $W_{CO_2}(\text{new}) < W_{CO_2}(\text{old})$  and  $Y_{\text{cost}}(\text{new}) < Y_{\text{cost}}(\text{old})$

新製品導入により、CO<sub>2</sub>排出量も経費も削減

タイプ II :  $W_{CO_2}(\text{new}) < W_{CO_2}(\text{old})$  and  $Y_{\text{cost}}(\text{new}) > Y_{\text{cost}}(\text{old})$

新製品導入により、CO<sub>2</sub>排出量は削減されるが経費は増加

タイプ III :  $W_{CO_2}(\text{new}) = W_{CO_2}(\text{old})$  and  $Y_{\text{cost}}(\text{new}) > Y_{\text{cost}}(\text{old})$

新製品導入により、CO<sub>2</sub>排出量はほぼ一緒に経費は増加

当然のことながら、望ましいのはタイプⅠで、タイプⅢは新製品導入の価値はない。これに照らして、図4.2から各製品のプロファイルを概観すると、今回のデータでは、まず冷蔵庫とハイブリッド車はタイプⅠとなっており、CO<sub>2</sub>削減にもコスト的にも技術導入効果がある製品と判断できる。詳細に新旧製品のプロファイルを比較してみると、冷蔵庫の場合は、新製品導入によって、初期からCO<sub>2</sub>排出量が少なく効果が出ており、コスト回収年数は約8年となっている。これは、生産革新等で製造時のCO<sub>2</sub>排出量も抑えられていることと消費電力が改善されていることによる。冷蔵庫の場合は、旧製品の使用年数に係らず、新製品に買い替えて8年以上使用すれば良いということを示している。自家用車の場合は、もう少し複雑な挙動を示している。図からガソリン車、ハイブリッド車（HV）、電気自動車（EV）でプロファイルが大きく異なる。累積CO<sub>2</sub>排出量は、ガソリン車に対して、HVで2年、EVで5年経過すると逆転し、それ以上の年数使用することでかなり削減可能となる。10年使用した場合には、HVとEVの累積CO<sub>2</sub>排出量はほぼ同じ量となり、ガソリン車の約2/3となっている。このことは、HVもしくはEVを10年間使用することで、約33%のCO<sub>2</sub>排出削減率を達成できることを示唆している。しかし、累積経費を比較すると、HVで9年、EVで16年以上使用してガソリン車と同等となる。HV、EV車とも、初期価格が高価なためにこのようにコスト回収年数が長くなっており、今後の低価格化で十分使用期間中に回収できる製品である。ただし、現在の技術レベルでは5年程度で高価なバッテリーの入れ替えが必要であると云われており、これを勘案すると、コスト的には回収できない可能性が高い。いずれにせよ、現状の車買替を5年程度では効果がほとんどなく、経費的に負担がかかるタイプⅡになってしまう。このことは、使用年数は技術導入を考える際に非常に重要な因子であることが判る。

次に、エアコンは今回のデータ比較ではタイプⅢに分類される。旧製品（2006年モデル）の時点ですでに技術革新は相当進んでおり、その後の新製品でも省エネ効果はあまり変化していないためであると推測される。価格もあまり変わらず、このようなタイプの製品では、買替は寿命が来た時点で行えばよく、このタイプⅢでは新製品導入より、使用期間中の環境配慮行動によりCO<sub>2</sub>削減を実施するしかない。最後に、テレビはタイプⅡに分類される。累積CO<sub>2</sub>排出量の抑制効果は約1年経過後から認められ、技術革新が大幅に進んでいることを示している。しかし、累積経費は10年では回収できず、買替が

良いのか、旧製品で環境配慮行動（省エネ行動）を行った方が良いのかは各個人の判断になる。今回の比較は、テレビがデジタル化される以前のブラウン管と液晶との比較であるため、現在の液晶テレビ時代の買替には直接当てはまらない。詳細データが無いので推測の域を出ないが、現時点での新旧製品では、かなり省エネ技術が進み切っており、エアコンと同様のタイプⅢのプロファイル（CO<sub>2</sub>排出量は少し改善、経費は少し高い）になっているのではないかとと思われる。以上、詳細データが入手できた製品を対象に技術革新の効果を考察した。そのため、上記の結果そのものは解析したデータに限った結果で他の製品では異なる結果となると思われるが、ここで提案したチャートは、一般家庭でも簡単に、CO<sub>2</sub>排出量、経費の両面から簡新旧製品の比較、製品間の比較ができることが示された。繰り返しになるが、あくまで図4.2の結果は過去のある時点での製品の比較をしたもので、現在の各製品では違う挙動を示すことを断っておきたい。

#### 4.3.2 環境配慮行動の価値評価法の検討

図4.2で各新旧製品の累積CO<sub>2</sub>排出量、累積経費を比較し、製品によっては、新製品価格が高価なため、旧製品で環境配慮行動を実施した方が良いと考えられる場合もあった。しかし、我々が環境配慮行動を実施する場合、どの程度の省エネ行動をすれば良いのか、どの製品で省エネ行動をするのが価値が高いかなどをCO<sub>2</sub>削減効果と経費削減効果の両面から判断できれば、行動が的確かつ積極的になると考えられる。そこで、本論文では、図4.3の作図結果に基づき、新技術導入に対比させて環境配慮行動の価値を定量化する評価法を提案した。基本的な考え方は、新旧製品を同じ使用期間で比較し、使用期間終了時の新製品による累積CO<sub>2</sub>削減量と同じ削減を旧製品の環境配慮行動で実施した場合に、新製品と旧製品の累積経費の差からCO<sub>2</sub>削減の価格を算出するというものである。具体的には、以下に示す式(4-2)～(4-6)に従って各諸量を算出した。

まず、式(4-2)は新製品導入により削減されるCO<sub>2</sub>量 $\Delta W_{CO_2}$ を算出するもので、式(4-3)は新製品導入で得られる経費削減量である。もし、新製品導入した場合の累積経費が旧製品よりも高い場合は $\Delta Y_{Cost}$ はマイナスとなる。次に、式(4-4)は、新製品を使用した場合の累積CO<sub>2</sub>発生量と同じ量に抑制するように旧製品で環境配慮行動を行った場合のコストを算出する式である。使用時のランニングコストはエネルギー（電力あるいはガス

リン) 使用量に比例し、このエネルギー使用量はCO<sub>2</sub>発生量に比例するので、これまでのランニング費用に $W_{CO_2}(new) / W_{CO_2}(old)$ を乗じておけば良い。これより、式(4-5)から旧製品で環境配慮行動を行ったときに回収できる費用が算出できる。これを、削減したCO<sub>2</sub>量で割ることで、単位CO<sub>2</sub>量削減あたりのコストが計算でき、環境配慮行動の価値が定量的に評価できる。図4.1で取り上げた各製品に対して、式(4-2)～(4-6)に従って計算した結果を表4.3に纏めた。

$$\Delta W_{CO_2} = W_{CO_2}(old) - W_{CO_2}(new) \quad (4-2)$$

$$\Delta Y_{Cost} = Y_{Cost}(new) - Y_{Cost}(old) \quad (4-3)$$

$$Y_{Cost,action} = Y_{Cost,initial}(old) + Y_{Cost,use}(old)[W_{CO_2}(new)/W_{CO_2}(old)] \quad (4-4)$$

$$\Delta Y_{Cost,action} = Y_{Cost}(new) - Y_{Cost,action} \quad (4-5)$$

$$V_{action} = \Delta Y_{Cost,action} / \Delta W_{CO_2} \quad (4-6)$$

ここで、

$\Delta W_{CO_2}$ : 新製品導入で削減されるCO<sub>2</sub>量[トン]

$\Delta Y_{Cost}$ : 新製品導入でペイバックされる経費[千円]

$Y_{Cost, action}$ : 新製品導入で削減されるCO<sub>2</sub>量と同じ量を旧製品の環境配慮行動で削減したときに総経費[千円]

$\Delta Y_{Cost, action}$ : 新製品導入で削減されるCO<sub>2</sub>量と同じ量を旧製品の環境配慮行動で削減したときにペイバックされる経費[千円]

$V_{action}$ : 新製品導入に対比させた旧製品での環境配慮行動の価値[円/kg-CO<sub>2</sub>]

#### 4.3.3 技術革新の価値評価

まず、図4.3に、式(4-2)、(4-3)で計算した $\Delta Y_{Cost}$ を $\Delta W_{CO_2}$ に対してプロットして、新製品導入による価値を評価した。マイナスの値は新製品を導入しても、CO<sub>2</sub>量は削減できるものの費用は回収できないことを示している。今回検討した製品対象では、図から、テレビと電気自動車(EV)の導入は、このケースでは大きくマイナスの値となり、経



費面を考えて、新製品を導入するよりも旧製品で環境配慮行動をとった方が良いことを示唆している。一方、今回のデータでは、エアコン、冷蔵庫は、新製品を導入することで、旧製品とほとんど同じ経費でCO<sub>2</sub>量を削減できることが判る。すなわち、技術革新

表4.3 新旧製品の総CO<sub>2</sub>排出量と経費の比較

		製造・廃棄時のCO <sub>2</sub> 排出量(kg)	使用時のCO <sub>2</sub> 排出量(kg)	ライフサイクル全体でのCO <sub>2</sub> 総排出量(kg)	初期費用(円)	年間使用経費(円/年)
テレビ	旧	96.4	126.4	1107.5	180,000	5,580
	新	61	63.4	568.4	250,000	2,800
冷蔵庫	旧	722	220.1	2527.1	95,000	11,800
	新	388.19	103.2	1326.7	150,000	4,800
エアコン	旧	288.507	321.9	3462.1	220,000	17,260
	新	258.73	365.5	3401.9	220,000	17,000
自動車	旧	3716.5	2250.9	26225.0	2,000,000	103,333
	HV	6191.5	1218.4	18375.0	2,400,000	51,667
	EV	11977	619.5	18172.0	4,000,000	5,320

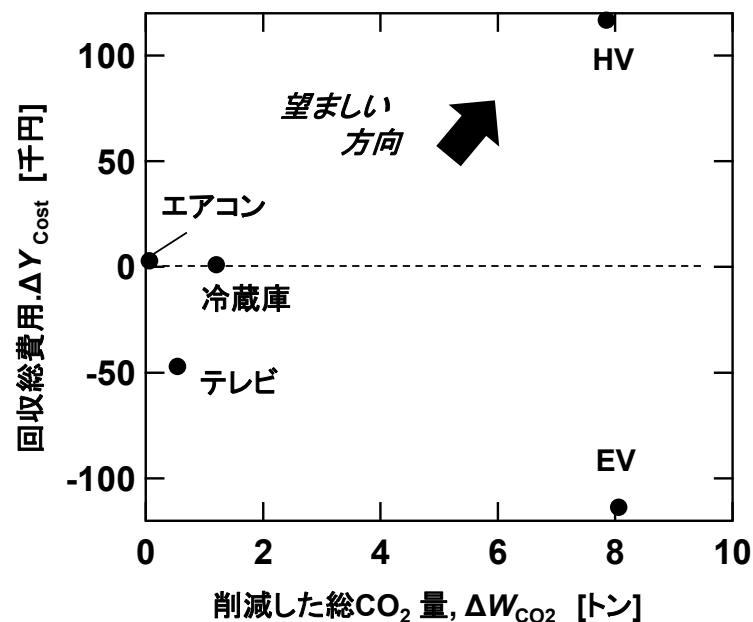


図4.3 新製品導入による価値の評価

の意義が十分あることが明らかになった。さらに、今回のデータに基づくと、ハイブリッド車（HV）の導入は、10年使用で8トン（＝0.8トン／年）という大きなCO<sub>2</sub>削減効果

があると同時に、回収できる経費も非常に大きいという結果であった。家庭内でのCO<sub>2</sub>発生量の半分以上を占める自家用車で大きくCO<sub>2</sub>削減を達成し、かつ年1万円強の経費削減が可能である。この結果から、HVの技術導入効果は顕著で、ハイブリッドシステムの新技術は低炭素化に極めて大きな貢献度を有していることが明らかになった。ここで、この図から判ることは、環境配慮製品といっても、そのコストパフォーマンスは大きく異なることである。経費の観点是非常に重要で、新製品を導入しても経費が増加する場合は、結局、オーバーオールではCO<sub>2</sub>排出量が増加していることになるので、新製品の選択は十分留意する必要がある。ここで提示したチャートは、我々が環境配慮製品を選択する際にその効果を簡便にチェックするとか、政策担当者が税制優遇などの制度設計の際にエコ度を評価する上で有用に利用できる。また、家庭内での省エネを考える際に、対象としている製品を評価し、図4.3のグラフに上に各製品のラインを引き、それを合成することで、目標とする省エネ量に対して、経費削減効果が最大となる新製品の組合せを考えるためのチャートとしても利用可能である。これに関しては、今後の研究で提示していきたい。

#### 4.3.4 環境配慮行動の価値評価

先に述べてきたように、一般に環境配慮行動は漠然とは実施した方が良いことは認識されているが、自分が実施した環境配慮行動がどの程度の値打ちがあるかは定量的に判っていない。もし、環境配慮行動の価値が金銭換算で明確に判れば、充実感を持って行動が推進されると思われる。しかし、これまでの研究ではそのような評価に関する研究はなく、新たな方法論を考案していく必要がある。そこで、先のチャートに基づき、この環境配慮行動の価値を新技術導入に対比させて評価する方法を提案した。上述の式(4-4)、(4-5)の計算から、新製品導入で削減できるCO<sub>2</sub>量を旧製品の環境配慮行動によって削減した場合に回収できる経費を単位削減CO<sub>2</sub>量あたりで計算する。図4.4に、今回取り上げた4つの製品に対して、この計算を実施し、算出した $\Delta Y_{\text{Cost,action}}$ を $\Delta W_{\text{CO}_2}$ に対してプロットした。図中の破線の $V_{\text{action}}$ は式(4-6)で算出される。ここで、現在の料金とCO<sub>2</sub>排出量から計算すると、電気料金の $V_{\text{action}}$ は約50円/kg-CO<sub>2</sub>、ガソリン料金の $V_{\text{action}}$ は約65円/kg-CO<sub>2</sub>となる。

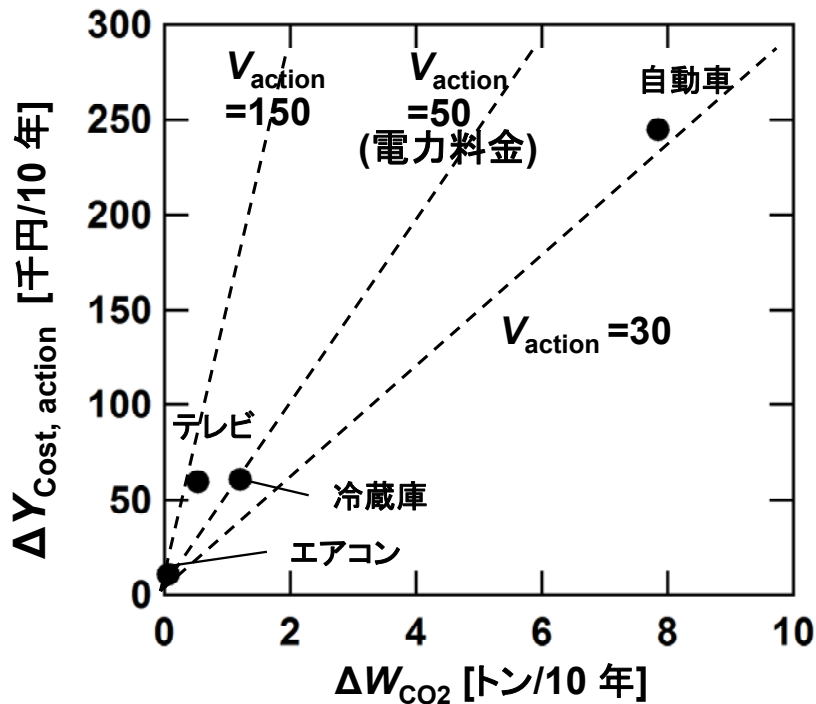


図4.4 環境配慮行動の価値評価

まず、テレビとエアコンに対する環境配慮行動を実施した場合の  $V_{\text{action}}$  は約50円/kg-CO<sub>2</sub>以上で電気料金よりも高い値となる。すなわち、環境配慮行動の価値が電気料金よりも値打ちがあることを示している。テレビに至っては、150円/kg-CO<sub>2</sub>に近い大きな値でテレビの節電は電気料金の約3倍の高い価値を有していることが判った。冷蔵庫の場合は  $V_{\text{action}}$  が約50円/kg-CO<sub>2</sub>と電気料金とほぼ同じ価値となり、新製品を導入しても環境配慮活動を行っても、いずれでも良いという結果となった。しかし、冷蔵庫は常時電源を入れておく必要があるため、環境配慮行動の実行が難しい点から、新製品導入することが得策ということになる。一方、ハイブリッド車（HV）の導入効果に相当する環境配慮行動をガソリン車で実施した場合の  $V_{\text{action}}$  は約30円/kg-CO<sub>2</sub>であった。上述のように、ガソリン料金は65円/kg-CO<sub>2</sub>なので、環境配慮行動はガソリン代の約半分の価値しかない。すなわち、図4.3でも示したように、HVの製品導入の方が良いという判断になり、HVの技術革新が非常に優れたレベルに達していることを示している。

この図に従えば、今回の対象商品では我々は自家用車と冷蔵庫は新製品導入し、テレビとエアコンは環境配慮行動を行うことが良いという結論になる。視点を変えれば、電

気料金の  $V_{\text{action}}$  ラインを基準に、それよりも安い（図中ラインより右側）になる新製品の価格、スペックを選定する図としても利用できる。同様に、ガス料金をベースに風呂、暖房器具の価値やそれを用いた環境配慮行動の価値も同じ手順で評価できる。対象製品が変われば結果も変化するが、方法論そのものの有効性は検証されたので、今後、この評価法によって、家庭内の省エネ（＝CO<sub>2</sub>削減）を考える際に、新製品導入にするか環境配慮行動で対応するかの判断や、環境配慮行動の優先順位の決定に利用していただける。以上、提案した評価法は、これまで全く判らなかった環境配慮行動の定量的な価値を見積もれる有意義なものであることが明らかになった。

#### 4.3.5 旧製品の環境配慮行動の定量的ガイドラインの策定

最後に、提案したチャートを利用して家庭内の環境配慮行動を具体的に決定する方法について検討した。図4.5にその方法を示す。

手順1) まず、図4.1で説明した手順に従い、旧製品、新製品それぞれの累積CO<sub>2</sub>排出量を作図する。

手順2) 次に、使用終了年（ $t_0$ ）時点で、旧製品の累積CO<sub>2</sub>排出量が新製品の累積CO<sub>2</sub>排出量よりも大きい場合には、旧製品のy切片から新製品の $t_0$ 時の累積CO<sub>2</sub>排出量になるように使用時の傾きを小さくする（図中破線から点線への作業）。この作図によってx軸の値（ $t_1$ ）が決定される。

手順3) これより、空間増加率（ $r_{\text{space}}$ ）を次式の式(4-7)から決定する。

$$r_{\text{space}} = t_1/t_0 \quad (4-7)$$

この式(4-7)は、式(4-1)で定義した環境空間寿命と関係づけることができる。式(4-1)の環境空間寿命に、設定したある空間を乗じると、式(4-8)に示すように消費時間となる。これが、図4.2、4.3、4.5の横軸に相当する。次に式(4-7)で定義される空間増加率は、式(4-9)のように表現できる。この式(4-9)より、最初に設定した空間を $t_1/t_0$ 倍だけ増加させることを意味している。

$$(\text{消費時間}) [\text{year}] = (\text{環境空間寿命}) \times (\text{空間}) \quad (4-8)$$

$$\begin{aligned} (\text{空間増加率}=t_1/t_0) &= (\text{元の環境空間寿命}) \times (\text{改善した使用空間}) \\ &= (\text{現状の消費時間}) \times [(\text{改善した使用空間}) / (\text{現状の使用空間})] \quad (4-9) \end{aligned}$$

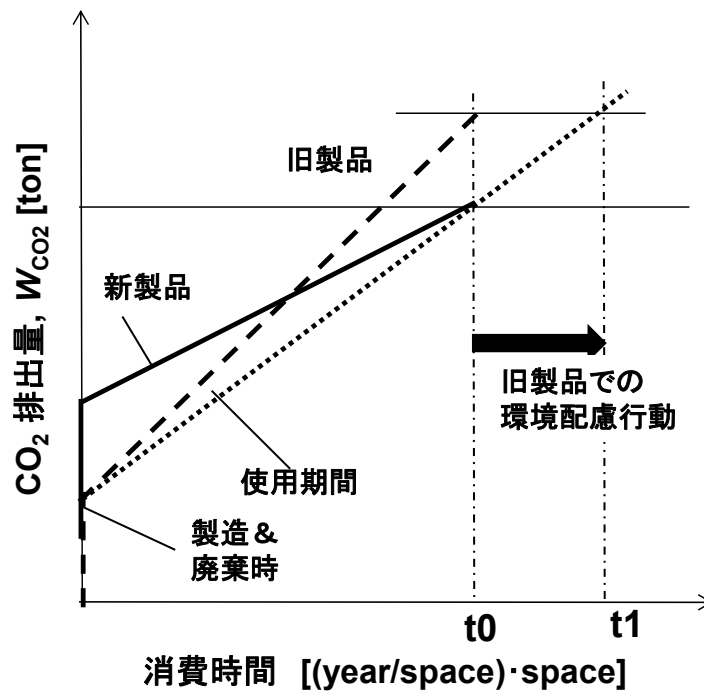


図4.5 空間増加率の決定方法

以上の解析手順により4種類の製品に対して、それぞれ新製品で削減されるCO<sub>2</sub>量を旧製品で削減するために必要な空間増加率を算出した。その結果を図4.6に示す。今回採用したデータでは、エアコンは1.05倍、テレビは1.3倍となり、少しの環境配慮行動で十分可能な範囲であると想像できる。自家用車の場合には、空間増加率は約1.5倍となった。これは、ハイブリッド車（HV）を導入する代わりに、ガソリン車の使用空間を1.5倍にする。すなわち、使用回数あるいは走行距離、時間を2/3にするか、利用時の半分は2名で乗車するなどの環境配慮行動を行えば良いことを示している。一方、冷蔵庫の空間利用率は3と大きく、冷蔵庫が常時電源を入れておかなければいけないことを考えると、新製品導入と同等のCO<sub>2</sub>削減効果をもたらす環境配慮行動はほぼ不可能と判断できる。よって、冷蔵庫の場合は、新製品導入という選択をせざるを得ないという結論になる。このように、提案した作図と指標を利用することによって、環境配慮行動の程度を定量的に算出でき、どの製品に対してどの程度の省エネ行動を行えば良いかが明確にできる。ここで、新製品の使い方が変化することが十分考えられるが、空間増加率の算出のベースは旧製品、新製品とも同じ使用法を行ったときを基準として、旧製品での使

用法を改善する比率を算出しているので、空間増加率は変化しない。また、新製品総費用も年々変化するが、空間増加率にはコストは入ってきないので影響しない。

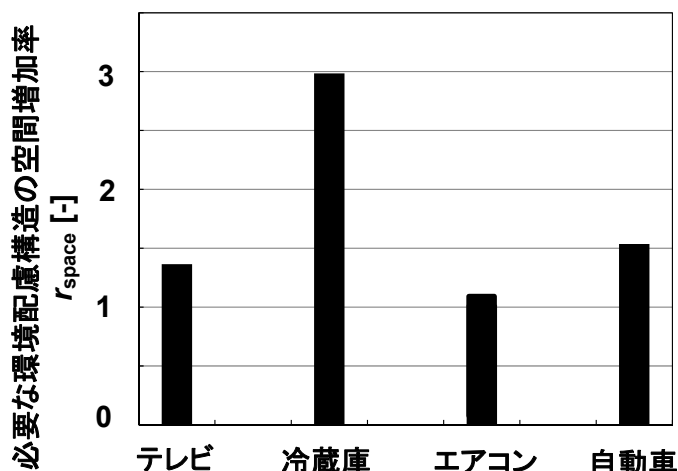


図4.6 各旧製品の環境配慮活動に必要な空間増加率

このように、空間増加率が判明したので、これに基づいて、具体的な環境配慮行動を考えてみた。ここで、冷蔵庫は上述のように環境配慮行動が実質上できない状況であるため省いた。表4.4に、各空間増加率の値をベースに、今回選択している各電化製品（旧モデル）のスペックから算出し、具体的に考えうる簡単な行動を定量的に纏めたものを示す。各表の左欄の製品名の下に新製品で削減できるCO<sub>2</sub>量（テレビは電力量）を記してある。これらの量を削減するための行動とそのときの削減量を記載してある。まず、エアコンでは、冬場の暖房使用時に、ヒータ温度を1℃低くする、あるいは1日あたり30分我慢することで、十分、目的を達することができる。テレビの場合は、平均で1日あたり100分テレビを見るのを我慢すればよい。自家用車の場合は、運転時間を1日あたり15分短くする、あるいは年間走行距離を3500km（月に約200km）少なくする（乗る回数を大きく減らす）ことが求められる。これはかなり厳しい環境配慮活動であると考えられる。このように、提示した評価法は、何をどの程度実施すればこれだけの効果と価値があるということを明確に提示でき、我々の家庭内での環境配慮行動を適切な選択をリードするのみならず、環境配慮行動に対する意欲を促進させる材料を提供するものであることが示された。

表 4. 4 各旧製品の環境配慮行動の具体例

新エコ製品による CO <sub>2</sub> 削減の程度	旧製品による 環境配慮行動	環境配慮行動による CO <sub>2</sub> 削減の程度
エアコン: 8.99 kg-CO <sub>2</sub> /年	冬場ヒータ温度 を1日5時間だけ 1℃ 低く設定	10.3 kg-CO <sub>2</sub>
	冬場ヒーター使用 を1日30分節約	9.5 kg-CO <sub>2</sub>
テレビ: 110.8 kWh/年	視聴時間を1日 100分短縮	102 kWh
自動車: 800 kg-CO <sub>2</sub> /年	1日あたりの運転を 15分控える	837 kg-CO <sub>2</sub>
	年間走行距離を 3500 km セーブ	788 kg-CO <sub>2</sub>

#### 4. 4 結 論

低炭素社会の構築には、エネルギー消費量の大きな家庭内での環境配慮行動の推進が不可欠である。これを支援するために、環境配慮行動の価値を定量的に評価する方法を提案した。まず、時間と空間を任意に設定可能な指標として、環境空間寿命を新たに提案、導入し、これに基づき、環境配慮製品（新製品）と旧製品の累積CO<sub>2</sub>量及び累積経費のライフサイクルプロファイルを作図する方法を提示した。このプロファイルの比較から、新製品導入によるCO<sub>2</sub>削減量と同等のCO<sub>2</sub>量を旧製品の環境配慮行動で削減した場合のCO<sub>2</sub> 1kgあたりの価値（円）を算出する式を考案し、環境配慮行動に対する定量的価値を評価した。その具体的な評価例として3種類の家庭内電化製品と自家用車を対象に解析した結果、テレビ及びエアコンでは、環境配慮行動が電気料金の2倍～3倍の値打ちを持っていることが判った。一方、ハイブリッド車と同等のCO<sub>2</sub>削減をガソリン車で行う場合の価値は、ガソリン料金の約半分程度しかなく、新製品導入の方が効果的であることが判った。次に、上記で決定された価値を生み出すための環境配慮行動の程度も提案したチャート図の作図と環境空間寿命の指標により定量的に提示可能であることを示した。その結果、テレビ、エアコンでは容易な環境配慮行動で大きな価値をもたらすことが可能なのに対して、ガソリン車では相当困難な環境配慮行動を伴いながら、その価値は小さいことが判った。以上、これまで定性的にしか理解できなかった環境配

慮行動の価値を定量化する評価法の有効性が確認された。今回の個別な結果は、対象製品が変われば変化するが、提案した評価法そのものの有効性は明らかになった。今後、種々の家庭内製品に適用していき、新製品導入と環境配慮行動の適切な組み合わせで家庭内のCO<sub>2</sub>排出量を大幅に削減するための計画立案や、政策担当者がエコ商品に対する税制優遇の程度を決定することなどに利用できる可能性が示唆された。

## 参考文献

- [1] Curran, M.A. (1994), Life-cycle Assessment: Inventory Guide-lines and Principles, 1<sup>st</sup> edition, CRC-Press, USA.
- [2] Hunt, R., Franklin, W.E. (1996): LCA — How it came about — Personal reflections on the origin and the development of LCA in the USA, Int. J. LCA, **Vol.1**, No.1, pp.4–7.
- [3] International Organization for Standardization (ISO) Technical Committee TC 207/Subcommittee SC 5 (1996): Environmental management — Life cycle assessment — Goal and scope definition and inventory analysis. Draft International Standard (DIS) 14041.
- [4] DeSimone, L. D., Popoff, F. (1997): The world business council for sustainable development (WBCSD): Eco-efficiency- the business link to sustainable development-, MIT, pp. 69–120.
- [5] Kicherer, A., Schaltegger, S., Tschochohei, K., Pozo, B.F. (2007): Eco-efficiency, The International Journal of Life Cycle Assessment, Vol.12, No.7, pp 537-543.
- [6] Verfaillie, H. A., Biwell, R. (2000): Measuring eco-efficiency-a guide to reporting company performance-, World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), pp. 1-8.
- [7] Reijnders, L., Hoogeveen, M.J. (1998): Energy effects associated with e-commerce: A case-study concerning online sales of personal computers in The Netherlands, J. Industrial Ecology, Vol.2 pp.13–22.
- [8] Saling, P., Kicherer, S., Kramer, B.D., Wittlinger, R., Zombik, W., Schmidt, I., Schrott, W., Schmidt, S. (2002): Eco-efficiency analysis by BASF: The method, Int. J. Life Cycle



Assess, Vol.7, No.4, pp.203-218.

- [9] Shonnard, D. R., Kicherer, V., Saling, P. (2003): Industrial applications using BASF eco-efficiency analysis: Perspectives on green engineering principles, Environ Sci. Technol., Vol.37, No.23, pp.5340–5348.
- [10] Pineda-Henson, P., Culaba, A. (2004): A diagnostic model for green productivity assessment of manufacturing processes, Int. J. Life Cycle Assessment, Vol.9, No.6, pp.379–386.
- [11] Aoe T. (2005): Simulation of factor X on home appliances at a household in Japan, Jpn. Inst. Energy (in Japanese), Vol.84, No.10, pp.861-871.
- [12] Aoe T. (2005): Development of eco-efficiency indicator (Factor X) and a case study on washing machines, J. Jpn. Inst. Energy (in Japanese), Vol.84, No.10, pp.1001–1011.
- [13] Dietz, T., Fitzgerald, A., Shwom, R. (2005): Environmental values, Annual Review of Environment and Resources, Vol.30, pp.335-372.
- [14] Axelrod, L. J., Lehman, D. R. (1983): Responding to environmental concerns: What factors guide individual action?, Journal of Environmental Psychology, vol.13, No.2, pp.149–159
- [15] Corraliza, J. A. (2000): Environmental values, beliefs, and actions- A situational approach, Environment and Behavior, Vol.32, No.6, pp.832-848.
- [16] Barr, S. (2007): Factors influencing environmental attitudes and behaviors: A U.K. case study of household waste management, Environment and Behavior, Vol.39, pp.435-473.
- [17] TH-32D65 | プラズマテレビ 液晶テレビ VIERA(ビエラ) | パナソニックのお客様サポート | Panasonic : <http://panasonic.jp/support/product/tv/03/TH-32D65.html>, TH-32LX60 | プラズマテレビ 液晶テレビ VIERA(ビエラ) | パナソニックのお客様サポート | Panasonic : <http://panasonic.jp/support/product/tv/02/TH-32LX60.html>, (Accessed 12.07.2012)
- [18] Sharp CSR report 2010, 2010/06, pp.44, Sharp CSR report 2011, 2011/07, pp.45.
- [19] 平成 21 年度 第 3 回「環境対応車普及方策検討会」の結果について : [http://www.env.go.jp/air/car/comm\\_erv-dm/21-03.html](http://www.env.go.jp/air/car/comm_erv-dm/21-03.html), (Accessed 18.04.2012).

## 第5章 インターネット・コミュニティにおける親密性増進の要因分析

### 5.1 序論

第4章で検討したように、環境配慮行動の価値が定量的に評価され利用できる状況になっても、これを地域住民の環境配慮行動に効果的に反映させていくことが重要である。第1章でも述べたように、21世紀に入って、インターネットによる双方向コミュニケーションが社会の中で大きく広がってきている。このツールは空間、時間の制約を大きく緩和でき、上手な利用方法を考えていけば、今後のネットの普及、国民の習熟度を考えると、地域活動の強力なツールとなり得ると思われる。しかし、この場合に重要なことは、活動の主軸は地域社会の住民の現実的な活動であることを認識し、これを支援する手段として、ネット上での環境コミュニティを構築し、インターネット・コミュニティの構成員の親密性を増進させることが、地域社会での実際の環境配慮行動へ展開する上で最も重要な要素と考えられる。インターネット・コミュニティの既往の研究では、一般的な特長や欠点などを言及する研究がなされている状況で、どのようなコミュニケーション内容が本質的にインターネットを通じて、一体感を産み出し、町内会などの現実での環境配慮行動の促進に効果があるかを社会的に抽出整理したものはない。そこで、本章では、地域環境配慮行動へのインターネット・コミュニティ利用の可能性を検討するために、どのような内容がインターネット・コミュニティ上で親密性を醸成するかの指針を得るために、まずインターネット・コミュニティでの親密性と親密化プロセスに関する先行研究を概観し、ネット上での親密化プロセスに影響する因子を整理する。次に、上記の題材による親密性の差異を題材の異なる3つの掲示板での内容を種々の視点から分析し、親密性の要因や親密化プロセスを考察し、環境配慮行動を促進するためのインターネット・コミュニティ構築のための要素を明らかにし、環境コミュニティを構築する上でのソーシャルネットワークの位置付け、役割を考えるための基礎とする。

## 5.2 親密性と親密化プロセス

### 5.2.1 親密性とは

筒井[1]によると、親密性とは「複数の人間が互いの情報を共有しあっており、かつ一定の相互作用の蓄積がある状態」である。つまり、インターネット上でも親密な関係は形成することが可能である。ここでは、ある対象についてコミュニケーションを行う関係を分析の対象としているため、友人関係の親密性として扱う。

友人関係は、個人の意思によって選択し形成される関係である。遠矢[2]によると、お互いの立場の「対等性」、関係構築の「自発性」、お互いが影響し合う「相互的互惠性」に特徴付けられた関係である。また、友人概念構造に関する研究の中に、ラ・ガイパ[3]の友情に関わる要因を抽出したのがある。それは、「自己開示」、「信頼性」、「援助行動」、「受容」、「肯定的関心」、「人格的強さ」、「類似性」、「共感的理解」の8要因である。それぞれの要因の重要度は発達とともに変化する。また、特定の二者が親しくなる要因を、対人魅力といった観点で分析しているものもある。特にお互いの類似性は重要な要因となる。しかし、否定的側面の類似は、嫌悪感を抱く。親友同士は、類似性よりも相補的な期待をもつ。さらに、友人関係の深化に関わって、自己開示に観点を置く研究がある。最初の自己開示は相手からネガティブな反応を受ける危険性があるが、親密な友人関係は、適切な状況で適度なレベルの自己開示を相互に行いながら形成されている。

### 5.2.2 親密性のコミュニケーションモデル

次に、親密性のコミュニケーションモデルについて概観する。中山[4]によると、このモデルの親密性を「基本的に参加者が互いに心地良く縮めようとする心理的な距離で、ある種の社会的距離を含むもの」としている。つまり、心理的距離の変化のプロセス全体を通して心地良さを維持できるように、コミュニケーションの参加者がお互いにこの距離を調整することが重要となる。

まず、マクロレベルの親密化プロセスに関しては、「初期」は知り合いたい（心理的距離）、顔見知り・知り合い（社会的距離）で、「発展期」は一緒だと楽しい→大好き（心理的距離）、友人→親友（社会的距離）となり、「停滞期・下降期」は停滞し下降した後、元に戻る、若しくは向上する場合もあるが、最悪ゼロになることもある。

次に、マイクロレベルの親密化のプロセスに関しては、ステップ 1 では「みなし」で「心理的距離」を考え、ステップ 2 では親密性についての自分の姿勢や態度を決め、ステップ 3 では姿勢や態度をどの行動の原則で表すか決定する。そして、ステップ 4 では姿勢や態度をどのように具体的に表現するか決め、ステップ 5 で実行し、ステップ 6 で「見直し」、ステップ 7 で「みなし」の修正、あるいは維持する。1 人の 1 回のコミュニケーション（1 発話）は以上 7 つのステップを踏み、これを繰り返しながらコミュニケーションが進む。ステップ 2 で親密性の大原則を決定し、ステップ 3 でどの具体化した原則で行動するか決定する（図 5.1）。

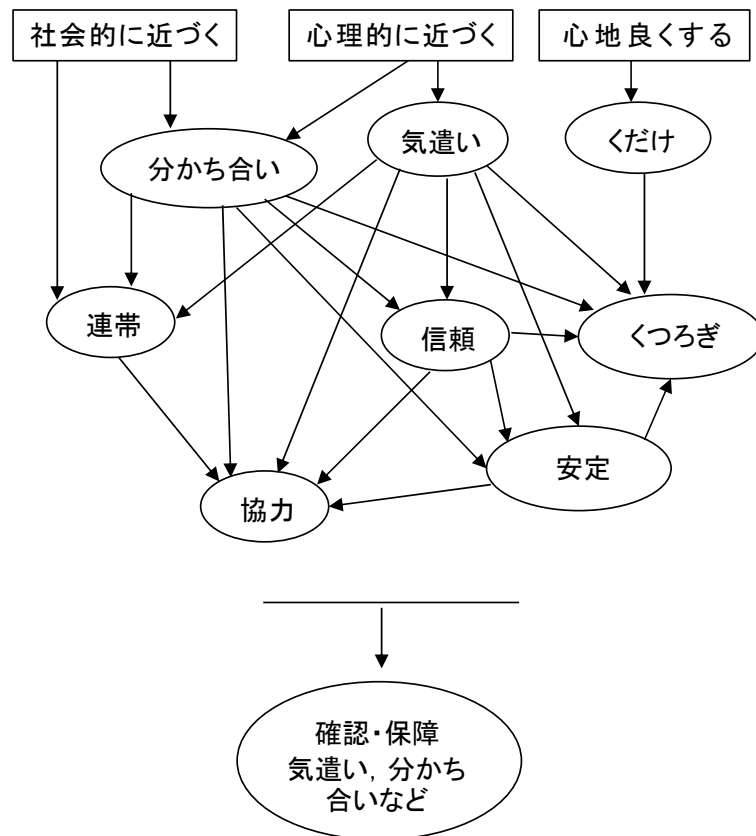


図 5.1 親密性の原則の相関図 （中山[4]より作成）

また親密性の表現では、非言語行動がよく使われるが、言語表現も使われる。ここではインターネット・コミュニティを対象としているので、言語表現のみを取り上げる。親密性の言語的表現には、「文体の選択」、「敬語使用の有無」、「話しかけの方法」、「話題の選択」、「口調」、「使用語彙」、「呼称」などがある。

### 5.2.3 親密化プロセスと会話

コミュニケーションを繰り返し行うことで親密になっていくため、親密化のプロセスを明らかにするにあたって、会話行動の分析した研究がある。小川[5]が取り上げているスタイルズによる、言語反応様式（VRM）のカテゴリーを用いて分析している。表 5.1 に示すように、「経験の源」軸、「推定すべき経験」軸、「判断基準」という 3 軸の組み合わせによって、8 カテゴリーに分けられている。

表 5.1 言語反応様式（VRM）の分類 （小川[5]より作成）

経験の源	推定すべき経験	判断基準	
		話し手以外	話し手
話し手以外	話し手以外	反射	解釈
	話し手	応答	質問
話し手	話し手以外	確認	指示
	話し手	情報	開示

最初に初期のコミュニケーションについて述べていく。初期の発話量の変化に関しては、小川[5]によると、コミュニケーションの回数を重ねることで、自己開示の時間が長くなり、内容も中程度から深くまで開示するようになる。また、客観的な情報頻度が多くなり、質問頻度と質問時間も多くなることが示された。これは、不確実性を低減させるためである。相互作用的な面でみると、回数を重ねていくと「自己開示の返報性」が見られ、「情報→質問」、「質問→情報」パターンも多くなる。そして、発話量と印象の関係の変化に関しては、小川[5]は、会話行動とそこから生じる会話相手および会話に対する印象との関係が、相互作用の繰り返しによってどのように変化していくかを明らかにした。初対面時は、質問回数が多いと親しみやすさ、質問時間が長いと社会的な望ましさ、客観的な情報を長く話すと活動性、応答頻度が均衡していると活動的、質問時間が自分より長いと望ましさ、情報頻度が自分より多いと活動的という印象となる。数回後は、自己開示が多いと親しみやすさ、客観的な情報の提供回数が多いと活発、開示時間・質問頻度・質問時間が自分より多いと社会的に望ましいといった印象をもつ。以上、どのような発話が印象形成に関連しているのかなどを検討することが可能である。

次に親密なときのコミュニケーションについては、コミュニケーションの特徴を、小

川[5]が取り上げているゴールドスミスとバクスター[6]の発話事象に基づくチェックリストを用いて分析された。知人という関係では「世間話」、「冗談」、「うわさ話」の順に多いのに対して、親友という関係では「うわさ話」、「近況報告」、「冗談」の順に多くなる。また、小川[5]がとりあげているナップによると、親密になるにつれて、コミュニケーションスタイルが型どおりのものから独自のスタイルに変化していく。

以上のように、親密性や親密化プロセスについて述べてきたが、先行研究では現実社会でのコミュニケーションのみしか触れられていない。確かに親しくなるには、ノンバーバルな部分が影響するが、言語的な側面も無視することは出来ない。そして、小川[5]の実験を見ても、身振りは使えないが、それ以外の多くは文字から推測することが可能であると考えられる。そこで、1.6 で述べた方法論をインターネット・コミュニティにも応用して、親密性の要因や親密化プロセスを分析していくことにする。

### 5.3 親密度の分析

#### 5.3.1 掲示板の概要

前章で述べたように、本論文ではインターネット・コミュニティの内容の対象が親密度や親密化過程に及ぼす影響に着目して分析していく。対象を考えた場合、「生物」と「人工物」に大別できるが、自己開示、心理的距離の違いをより明確にするために、生物を動物と人間に分け、「対物」、「対動物」、「対人間」という分類のもと分析する。分析データとしては、先述したように繰り返しの会話が豊富な掲示板を用いた。

「対物」では、多様なトピックスがある中で鉄道を選択した。その理由は、他のトピックスと比較して、必ずしも機材などを購入する必要がなく、コストをかけずに見るといった行為だけでも楽しむことが可能であるため、敷居が低く、参加者の層が限定されにくいからである。また、コミュニケーション内容が鉄道にのみ特化されているため親密度形成を分析していく上で、鉄道ファンという参加者全員に共通している個人的アイデンティティのもと、話題の揺れによる影響が少ないこと、参加者個人にとって受け入れやすい単純な環境での会話となることから親密度形成の過程を抽出しやすいと考えた。さらに、質問や相談だけでなく、自分の経験について多く書き込まれている点でも親密度を分析するのに適していると考えられる。その中でも「喫茶エクスプレス」は、

鉄道に関して画像よりも文字によってコミュニケーションを行っており、さらに毎日のように書き込みが行われているので、それを用いることにした。

「対動物」、「対人間」に関しては、数あるサイトの中で書き込みが豊富な「ミクル」というサイトを用いた。このサイトでは、性別や年齢の情報も掲載されている。「対動物」は、数あるペットの中でも一般的であると考えられる犬をテーマにしているトピックスを選択した。犬に関する掲示板は、「愛犬の死…助けてください」や「ペット研究らぼ」など数多く存在するが、多くは質問や相談が主である。これに対して、ここで取り上げたミクルの「柴犬好き」の掲示板は、日常的なコミュニケーションを扱っており、親密度を分析するデータが豊富であるため、これを採用した。また、本論文では話題の対象への愛着度の違いといった観点でも親密性を分析したいため、「対人間」のトピックスとして考えられる恋愛、家族、友人、隣人などは、愛着への対象として適していない。そして、分析にあたってデータ数も重要となる。以上の点から対象とする内容を検討した結果、育児に係るサイトが相応しいと判断し、「21年6月出産予定の方お話ししましょう」を分析対象とした。それぞれの掲示板の概要は以下のようになる。

#### (1) 対物

鉄道に関する掲示板「喫茶エクスプレス」は2002年6月から始まって、現在も継続

**私鉄に多い2層構造の駅** 投稿者: A 投稿日:2010年10月5日(火)07時41分7秒 [返信・引用](#)

D様、レス毎度ありがとうございます。  
京急蒲田駅は上り線が高架ホームの使用を開始し、その上の下り線ホームが使用を開始すれば完成になります。  
他には京王線の調布駅が地下2層構造になり、本線と相模原線の平面交差がなくなります。関西では阪急淡路駅がありますが、高架化工事で京急蒲田駅や京成青砥駅と同じ構造になるという話を聞きました。

**苦肉の策** 投稿者: D 投稿日:2010年10月4日(月)23時48分16秒 [返信・引用](#)

Aさん、こんばんは。2層構造について、さらに話をかぶせますが東急東横線の一部も2層構造です(確か大井町線との別線構造だったと思います)、京成の青砥駅付近や日暮里駅付近も2層構造ですね。さらに建設中ですが京急の蒲田駅も2層構造になりますし、いずれにしても線増したいけれど用地がない(用地取得が難しい)、関西には見られない関東地域の苦肉の策だと思います。ただ、関西もそれにあやかっただ規模工事をどこもしていないのも少し淋しい現状ですね。

**2層構造の路線** 投稿者: A 投稿日:2010年10月4日(月)00時59分51秒 [返信・引用](#)

D様、レスありがとうございました。  
東海道・山陽本線は友達と神戸に行ったときに利用しましたが、乗っていた快速列車の横をスーパーはくとはが高速で追い抜いていったのは圧巻でした。  
主要都市間を130キロ運転をする列車は関東にはないので物足りなさを感じます。  
帰りは梅田まで阪急の特急にりましたが、こちらは京急や京王の特急並みに速かったです。  
高架の2層構造は物理的に厳しい路線が多いので地下化されることがよくありますが、現在小田急が上が緩行線、下が急行線の2層構造の地下化工事を行っています。  
地下鉄では有楽町線と副都心線が池袋～小竹向原間で2層構造になっています。  
埼京線と湘南新宿ラインは池袋～大崎間が線路を共用していますが、これが遅延が発生した際にタイヤの乱れが他の路線にも影響が出るので分離が望ましいですが、地下化出来るかは難しいところです。  
京浜東北線の快速は新橋・有楽町・日暮里・西日暮里も通過しますが、京浜東北線よりも根岸線内で快速運転を行って欲しいです。

図 5.2 「喫茶エクスプレス」 出典：エクスプレス（2010）[7]

している。ここでは鉄道に興味もっている人々が、新しく得た情報や自分の経験などを書き込んだり、そこから持論を展開したりしている。さらに、自分の経験を語るときに、写真を投稿する人もいる。この掲示板は、掲示板専用サイトの一つのスレッド<sup>1)</sup>ではなく、管理人のホームページのコンテンツの一つとなっている。この掲示板のすべてを分析することは困難なため、2009年10月1日～2010年10月1日（408件）に書き込んでいる人に限定し、分析する。

## (2) 対動物

ペットに関する掲示板「柴犬好き」は、パート1で出会い、パート5でスレッドを作成した人の時間的余裕がなくなり閉鎖したため、「柴犬好き」のスレッドは終了し、ここに書き込んでいる人たちはそれぞれ別のスレッドに移動している。ここでは、自分の



図 5.3 「柴犬好き」 出典：ミクル株式会社（2009）[8]



ベットの自慢や悩み事などを書きながら、自分たちのことについても少し書き込んでい  
る。さらに、同じサイトの違うスレッドでもコミュニケーションを行っており、さら  
他の写真投稿サイトでもお互いのペットを紹介し合っている。この掲示板では、パート  
2 のスレッドを探して書き込むという形式になっているため、次のところにも書き込み  
たいという意図をもってそのようにするということは、親密になっていると考えられる  
ので、パート 1（500 件）（2008/11/05～2009/01/11）のみを分析対象とする。

### (3) 対人間

子育てに関する掲示板「21年6月出産予定の方お話ししょう」は、パート1から始まり、出産したことで「仲良しママの部屋」と名前が変わり、現在パート9まで継続されている。ここでは、スレッド名に該当する人々が、お互いの妊娠中や育児に関して



図 5.4 「21 年 6 月出産予定の方お話ししましょう」出典：ミクル株式会社（2009）[9]

の悩みや、疑問、経験などを書き込んでいる。対動物と同様に、次のスレッドにも書き込みたいという意図をもってパート2を探し、書き込むということは、親密になっていると考えられるので、パート1(500件)(2009/03/09~2009/04/17)のみ分析する。スレッド名が長いため、ここでは「ママ友」と表すことにする。

### 5.3.2 分析方法

先に述べたように、親密度が醸成する過程には、自己開示の程度と繰り返しによる心理的距離の接近が重要である。そこで、取り上げた3種の掲示板のデータから、自己開示、繰り返しの程度、心理的距離を定量的に分析する必要がある。ここでは以下に示す2つの方法を用いてこれらの分析を実施する。

#### (1) 発言特性の分類化とソシオメトリー分析

川上ら[10]の「発言の形式的特性」、「発言の内容的特性」の項目17個を用いて各掲示板を分析した。「発言の形式的特性」は、「発言者名」、「コメント受信数」、「発言日時」、「発言行数」の4項目である。「発言の内容的特性」は、「(a) 何らかの自己関与を伴う発言」として、「自己呈示」、「本名表示」、「感情表出」の3項目、「(b) コミュニケーション的な考慮に関する内容」として、「発言のフォーマル性」、「挨拶」、「絵文字」、「擬態語」の4項目、「(c) 画面表示・話題表示に関連したもの」として、「複数話題」、「段落表示」、「レイアウト考慮」、「内輪向け語り」、「フォーラム言及」の5項目である。これらの発言の特性の定義と具体例を表5.2に示した。このカテゴリー群に従えば、インターネット・コミュニティの分析で唯一の拠り所である文字情報から、自己開示や心理的距離の程度を典型的に把握できる。そこで3種の掲示板それぞれのデータから、発言特性を表5.2に示す項目で整理し、各掲示板の特徴を考察する。

さらに、また、これらの整理データをもとに、ネットワーク図を作成する。具体的には、発言者間のメッセージのやりとりを、誰から誰へと行っているのかを図式化した。発言者は発言の多い順に1, 2, 3, ...の順で番号をつけている。また、メッセージの連鎖や相互性を分析するために、一つのスレッドがいくつの発言から構成されているのかといったコメントチェーンを分析した。これらの分析によって、メッセージの連鎖、相互性を明らかにすることで各掲示板での参加者の親密性の状況を考察する。

表 5.2 発言特性の定義と例

川上ら（1993：53-54）[10]をもとに作成

発言の内容的特性	何らかの自己関与に伴う発言	自己呈示	自己の何らかの属性に言及している 【鉄道】「終わる時間がわからないサラリーマンにとって…」 【ペット】「うちは自営業なんだけど」 【育児】「上の子は、やんちゃ盛りの2歳です」
		本名表示	ネットワークでは、「ハンドル名」の使用が許されているが、あえて本名を用いているか
		感情表出	発言の中に感情を吐露するような部分があるか 【鉄道】「乗りたかった僕はとてもショックです。」 【ペット】「むしろ私の考えも分かってくれて、うれしかったです」 【育児】「下向くのはツライし、寝返りもツラくなるかも」
	コミュニケーション的な考慮に関する内容	発言のフォーマル性	フォーマルな語り口なのかインフォーマルなのか 【鉄道】「どなたかお教え下さい。」 【ペット】「良いハーネスあったら、是非とも教えて下さい」 【育児】「Bさん大変な時期過ごされていたんですね」
		挨拶	発言しているメンバーに対して挨拶をしているかどうか 【鉄道】「皆様、どうも今晚は。」 【ペット】「皆さんこんにちわ」 【育児】「皆さん、おはようございます」
		絵文字	「:-)」や「(^_^;)」などの絵文字が含まれているか 【鉄道】「鉄道最前なのか…(^;)」 【ペット】「来ようとしてたりして危なくて!(^O^)!」や携帯電話の絵文字 【育児】 携帯電話の絵文字
		擬態語	擬態語表現が含まれているか 【鉄道】「コロコロ名前が変わる」 【ペット】「すりすりして来る所は」 【育児】「昨日とおとといでガッツツリ買ってきました」
		複数話題	1つの発言に複数の論題が含まれているか
	画面表示・話題表示に関連したもの	段落表示	段落ごとに1行あけるような、文章を見やすくする配慮があるか
		レイアウト考慮	表や飾り付けなど特殊な表示の工夫があるか 太字や取り消し線など
		内輪向けの語り	特定のメンバーにしかわからないような発言や、初めてきた人にはわからないような文脈 【鉄道】「先日このコーナーで私が苦言を呈した」 【ペット】「あちらで、身に覚えのない事でめちゃくちゃ叩かれてます」 【育児】「そうだ！Bさんのレスにもあったんですが、」
		フォーラム言及	BBSの運営に関するコメント 【鉄道】「間違いがありましたのでご連絡させて頂きました。」 【ペット】「他のスレ主同士も会話に入ってきて 大変素晴らしい！」 【育児】「引き続きスレたてて貰えますか」

## (2) 言語反応様式 (VRM) による親密度分析

親密度を測る指標として、スタイルズ[11] による「言語反応様式 (VRM)」の各カテゴリーの発話出現頻度、ゴールドスミスとバクスター[6] の「発話事象のカテゴリー」を用いる。「言語反応様式 (VRM)」は、「反射」、「解釈」、「応答」、「質問」、「確認」、「指示」、「情報」、「開示」の 8 項目である。「確認」、「指示」、「解釈」、「反射」は、他者の経験を推測したうえでの発言であるため、初期のコミュニケーションという親密性が形成されていない状況ではそういった発言を行うのは容易ではないと考えられる。よって、初期は「応答」、「質問」、「開示」、「情報」といった自分の経験に基づく発言を活発に行い、お互いを知っていくことで親密性が向上していく。そして、お互いの認識が高まると相手の経験を推測することが可能となり、親密度が高い状態では、「確認」、「指示」、「解釈」、「反射」といった発言が行われるようになる。つまり、日常生活と同様に、出会った初期はお互いに情報を交換し相手のことを徐々に深く認知していき、親密な関係になるとお互いに気の置けない関係になっていくということである。なお、表 5.3 は発言の特性の定義と各掲示板における具体例を示したものである。

また、「発話事象のカテゴリー」は親密度の程度を示す一つの指標となる。知人との会話では「世間話」、「冗談」、「うわさ話」の順に多くなり、親友との会話では「うわさ話」、「近況報告」、「冗談」の順に多くなる。一方、ナップの研究によれば、「親密になるにつれて、コミュニケーションスタイルが型どおりのものから独自のスタイルに変化していく」とされている。先の VRM 分析に加えて、この「発話事象のカテゴリー」および「コミュニケーションスタイル」の観点からも分析を実施し、インターネット・コミュニティでの親密度が現代社会での知人、友人の親密な関係と同等なものか否かについても検討する。

表 5.3 VRM の定義と例

Stiles (1992: 8) [11]; 小川 (2007: 71) [5]より作成

開示	内面的情報、考え、意図の表明
	<p>【鉄道】今日も京阪詣でに行ってきました。</p> <p>【ペット】涼しくなってきたので、毎日ボール遊びしています</p> <p>【育児】安定期を利用して、一昨日から旦那さんと一泊の温泉に行ってきたいました</p>
情報	客観的情報の表明
	<p>【鉄道】JR東日本とJR北海道で12月のダイヤ改正が発表されました。</p> <p>【ペット】結石用のフードは病院で買うより、サイトで買った方が3千円程安いです</p> <p>【育児】本日の仙台は晴れですよ</p>
指示	他者の行動を導く忠告・命令・教示
	<p>【鉄道】もうそろそろこのような記述はやめたらどうでしょうか？</p> <p>【ペット】犬の命を守る為にも、シートベルトは必要だと思います！</p> <p>【育児】Eさんもお腹見てみてください</p>
確認	経験や賛成・不賛成という態度を話し手が相手と分かち合っていることを確認するための発話
	<p>【鉄道】大和路線快速の八連運転についてですが、確かに王寺以西区間の現状ですと終日でもそれが一番理想な形式ですよ。</p> <p>【ペット】Cさんの一番良い方法で決める事ですよ</p> <p>【育児】ホントわからない事だらけですよ</p>
質問	情報や方向づけの要求
	<p>【鉄道】阪和線用の223系0番台や2500番台と性能は一緒ということでしょうか？</p> <p>【ペット】皆さんの犬は体重何キロくらいなんですか？</p> <p>【育児】上のお子さんはもう大きいですか？</p>
応答	相手のコミュニケーションを受けとったことの伝達や相づちなど
	<p>【鉄道】なるほど。運賃はいつもと同じなんですね。</p> <p>【ペット】やっぱりちゃんとした方が、良いですね</p> <p>【育児】哺乳瓶やっぱり必要なんですね</p>
解釈	他者の経験や行動についての説明や分類
	<p>【鉄道】（「四国は他のJR各社に比べリゾート色のある気動車がないですよ。」に対して） 「50系改造のアイランド四国の後継車で、改造車とはいえ、キハ185系の原型をとどめており、各社のようなリゾートトレインとは言えない車両です。」</p> <p>【ペット】（「話し変わりますが、家のもよその犬が、来ると嫌がりますよ！」に対して） 「柴犬はもともとテリトリー意識が強いので、自分のテリトリー内にいる犬が駄目なんだと思います」</p> <p>【育児】（「赤ちゃんは少し大きいそうです‘遺伝子的に骨格とか大きな赤ちゃんだから、太ってるわけじゃないよ。お母さん初産だから産む時大変だよ～。’って言われました。赤ちゃんは1280gでした」に対して） 「28週の平均が1200だからミルクママさんの赤ちゃんもちょうどいいくらいじゃないですかね」</p>
反射	相手の経験や行動を言葉にする繰り返し
	<p>【鉄道】（「京葉線にはE231系が投入されるということが正式に発表されています。」に対して、 「京葉線にE231系が入るんですか!？」</p> <p>【ペット】（「起きたら15時過ぎてたんで、びっくり」に対して） 「Iさん、15時まで眠ったんですか 若いの～」</p> <p>【育児】（「実は、急に引っ越しが決まって、これからしばらくは引っ越し準備に追われそうです」に対して） 「引越しですか?!」</p>

5.3.3 各掲示板の基本的な特徴と親密度分析結果

(1) 対物

① 発言分布

表 5.4 は、喫茶エキスプレスの発言者別の発言回数である。1 年間で 44 名が書き込んでいる。1 日当たりの発言回数や発言者数は少ないが（付録の表 A-1、A-2 参照）、1 人当たりの発言回数が多い。突出して発言の多い人が数人存在し、孤立発言者は少しだけ存在している。以上より、全体的に活発なコミュニケーションに加えて、特定の人が繰り返し書き込んでいるという事が分かる。このコミュニティは、特定の参加者によってコミュニケーションが活発に行われているので、新規参入しにくい状況もあり、親密な関係性を築きやすいものの、閉鎖的なコミュニティになりがちと判断される。

また、管理人が主にコメントを書くといった形ではなく、発言回数の上位者も積極的にコメントを書いている。よって、一人の人間が中心となって成り立っているのではなく、複数の常連が中心的な存在となっているコミュニティである。

表 5.4 喫茶エキスプレスの発言者別の発言回数

発言者名	発言回数	発言者名	発言回数
A	43	a	5
B	72	b	1
C	3	c	1
D	73	d	1
E	29	e	2
F	10	f	1
G	10	g	21
H	2	h	1
I	10	i	1
J	2	j	16
K	22	k	2
L	1	l	1
M	3	m	1
N	2	n	1
O	10	o	1
P	4	p	6
Q	12	q	1
R	1	r	1
S	23		
T	1		
U	1		
V	6		
W	1		
X	1		
Y	1		
Z	1		

次に、コメントチェーンを作成して分析した結果、自分の近況報告のみで完結する人もいるが、多くの場合、あるトピックスについて多数の人が意見を寄せ合い、議論が展開していき、参加者の数人以上が納得することで議論が決着するといった形が多いということが分かる。また、この掲示板では鉄道に関して議論が起こるような書き込みがある場合には、たくさんのコメントが付けられるが、ただの近況報告のような内容であるとコメントが付けられないということも特徴的である。つまり、この掲示板では単なる報告には参加者はほとんど反応せず、多様な見解が考えられるトピックスについては積極的に議論を行う場となっている。

105

位の発言者が中心となって存在しているコミュニティとなっている。孤立している6人以外は、特定の一人しか交流しないといったこともなく、1位と2位の発言者を中心に1つのネットワークを構成していると言える。つまり、1人の鉄道に対する考え方に対して、多数の人が賛否の意見や感想を寄せるといった形式でコミュニケーションが行われていると考えられる。管理人は発言者2で、積極的に多数の人にコメントを返しているが、それ以上、もしくはそれと同じぐらい数人の常連もコメントを返している。

### ③発言の内容的特性

表5.5は、喫茶エキスプレスの発言の内容的特性を表したものである。まず、自己関与を伴う表現に関しては、「自己呈示」も「感情表出」もあまり多くない。各項目に分類したときの代表例は表5.3（前出）に示した。表5.5から、この掲示板での発言内容は、鉄道に関する客観的な事実の交換が主となっている。このことから、喫茶エキスプレスは、自己の属性や感情といった内面的なものを積極的に出すのではなく、鉄道というトピックスに関して自分の知っていることを相手に知らせたり、自分のわからないことを教えてもらったり、ある事柄に関して意見を交わし合うといった論理的なコミュニケーションが比較的多い掲示板であるといえる。つまり、この掲示板では、その情報が正確なのかどうか、自分の考えが客観性に基づいているのかどうかといったことが重要になっている。

次に、コミュニケーション的な考慮に関しては、「フォーマル性」が非常に高く、「挨拶」の割合もとても多いのに対して、「絵文字」、「擬態語」はほとんど使われていない。表5.3の文例を見てもわかるように、喫茶エキスプレスはフォーマル性が非常に高く、形式的なコミュニケーションが行われている。先ほども述べたように、自分の感情をもとにコミュニケーションするのではなく、より正確な情報を用いて、より客観的に発言しようと心がけている人が多いために、冷静かつ他人行儀な表現になっているのではないかと考えられる。

そして、画面表示・話題内容に関しては、半数以上が「段落表示」を行っている。ブログ、SNSの書きこみ、携帯メール等、いわゆる電子環境での日常会話が文章であるにもかかわらず、段落が意識されないことが多く、段落表示されることは、丁寧な対応の表れとして特筆すべきことである。喫茶エキスプレスでは、自分の発言の客観性を高め



るために、多くの正確な情報を用いて議論することが多い。よって、一回の書き込みの量が多くなるため、相手に読みやすく理解しやすくするために、段落表示を行っているものと考えられる。さらに、相手の意見に関して反論したり補足したりする場合に、他の参加者が読みやすいように引用してから書き込むことが多い。そのことも段落表示を多くする要因になっていると考えられる。また、一回の書き込みで多数の人の書き込みに対するコメントを行う場合も多々あるが、人と人の関係に基づくやりとりというよりは、鉄道という客観的な対象物に対して個人の意見を伝えるスタイルになっている。

表 5.5 喫茶エキスプレスの発言の内容的特性

			している	していない	合計
発言の内容的特性	何らかの自己関与に伴う発言	自己呈示	27 6.62%	381 93.38%	408 100.00%
		本名表示	0 0.00%	408 100.00%	408 100.00%
		感情表出	142 34.80%	266 65.20%	408 100.00%
	コミュニケーション的な考慮に関する内容	発言のフォーマル性	395 96.81%	13 3.19%	408 100.00%
		挨拶	356 87.25%	52 12.75%	408 100.00%
		絵文字	8 1.96%	400 98.04%	408 100.00%
		擬態語	51 12.50%	357 87.50%	408 100.00%
	画面表示・話題表示に関連したもの	複数話題	125 30.64%	283 69.36%	408 100.00%
		段落表示	242 59.31%	166 40.69%	408 100.00%
		レイアウト考慮	6 1.47%	402 98.53%	408 100.00%
		内輪向けの語り	1 0.25%	407 99.75%	408 100.00%
		フォーラム言及	1 0.25%	407 99.75%	408 100.00%

#### ④ 親密度評価

喫茶エキスプレスにおける親密度を先述した VRM の 3 種の指標で分析した。表 5.6 は、言語反応様式の出現量を表したものである。

表 5.6 喫茶エキスプレスにおけるVRMの各カテゴリーの出現量

反射	解釈	応答	質問	確認	指示	情報	開示
5	19	63	313	27	34	1142	1821

全体的に「開示」と「情報」が多く、「質問」もそれに次いで多くなっている。しかし、小川[5]が述べているような、コミュニケーションの回数を重ねることで自己開示の量が増えているといった結果にはならなかった（付録の表 A-3 参照）。おそらく、喫茶エキスプレスにおいては、集団が形成される初期からの分析ではなく、形がある程度できてしまっている状態を分析しているからだと考えられる。また、喫茶エキスプレスの特徴として馴れ合いをしないとといった雰囲気がないので、深くまで開示していることはほとんどない。また、客観的な情報の頻度が多く、質問の頻度も比較的に高い。客観的な情報の場合は、「次の3月の改正で『マリンライナー』を5両編成に戻すとのこと」や「JR 東日本では成田エキスプレスの増発が行われます」、質問の場合は、「信号機の無い車上信号式...採用している路線ってありますか？」や「すぐに満席になっちゃいますかね？」の文例にあるように、相手に対する不確実性を低減させるためというより、鉄道に関して純粋にコミュニケーションを行っているため、鉄道に関する情報や質問が多いだけだと考えられる。ただ常連の参加者は、相手の質問や意見に対して、積極的にコメントを返し、「自己開示の返報性」が見られる。

次に、発話事象に関しては、「世間話」、「冗談」、「近況報告」はほとんどなく、「御堂筋線の車庫は中百舌鳥にあります」や「とにかく阪神側が19m規格に固執してしまったことが、諸悪の根源といえるでしょう」の文例にあるように、鉄道に関しての相手に情報を知らせたり、ある事象の問題点について話したりするといったことが多く、「うわさ話」も「EF510がまた6月27日もカオシオペアに充当されたみたいです」や「185系の湘南色は80系を模しているらしいですね」の文例にあるように、鉄道に関する比較的に確実性の高いものが多い。よって、知人や親友といった関係性にまで至っていないと考えられる。また、コミュニケーションスタイルも型どおりのものが多く、そこから逸れたり、新しく独自のスタイルができたりといったことも起こっていない。

以上のことから、喫茶エキスプレスでは、小川[5]で述べられている親密化の初期段

階のコミュニケーションは活発に行われているが、そこから発展して親密な関係になりにくいということが言える。これは、参加者同士が仲良くなりたくないと思っているわけではなく、ある程度相手から距離を置いて、理性的に客観的に鉄道に関する発言を行いたいと思っているからだと考えられる。また相手自身の情報を得ることで相手を信用するわけではなく、相手がいかに正確な情報や客観的な意見を書き込んでいるかによって、同じ鉄道好きとして信用に値すると判断しているのではないだろうか。

## (2) 対動物

### ① 発言分布

表 5.7 は、柴犬好きの発言者別の発言回数である。約 2 ヶ月で 12 名が書き込んでいる。この掲示板では、1 日当たりの発言者数は少ないが（付録の表 A-1 参照）、1 日当たりの発言回数（付録の表 A-2 参照）や 1 人当たりの発言回数が多い。また、発言回数上位 3 名の発言回数は他の参加者のそれをかけ離れた大きな値となっている。また、孤立発言者はほとんどいない。以上より、全体的に活発なコミュニケーションを行っているのではなく、特定の人が繰り返し書き込んでいるという事が分かる。このコミュニティは、特定の参加者（特に上位 3 名）によってコミュニケーションが成立している閉鎖的

表 5.7 柴犬好きの発言者別の発言回数

発言者名	発言回数
A	91
B	203
C	173
D	1
E	1
F	10
G	8
H	1
I	3
J	4
K	2
L	3

なコミュニティとなっており、親密な関係性を築きやすいが、新規で参加しにくいと考えられる。また、管理人だけが主にコメントを書くといった形ではなく、発言回数の上位の人も積極的にコメントを書いている。よって、一人の人間が中心となって成り立っているコミュニティではなく、複数の常連が中心的な存在となってコミュニケーションを行っているコミュニティである。

## ②コメントチェーン分析

次に、コメントチェーンを作成して分析すると、多くはあるトピックスについて、常連のメンバーが自分の経験や知識を提供したり、相手のペットを褒めたりといった形が多く、管理人を含む常連の3名がお互いの書き込みに関して個別に返信したり、新規の参加者の書き込みに対してもその3名が管理人のように返信をしたりする。また、ペットに関する話だけではなく、自分のパーソナリティも書き込み、それに関してもお互いにコメントをしている。つまり、この掲示板では馴れ合いのコミュニケーションを行っており、毎日に近いペースで何かを書き込むほどのめり込んでいることがわかる。

図 5.6 は、発言者間のメッセージのやりとりを図式化したものである。発言者は発言回数が多い順に 12 まで番号がついている。図 5.6 によると、柴犬好きは、1 位～3 位の発言者が中心となって存在しているコミュニティとなっている。孤立している人はおらず、1 位～3 位の発言者を中心に 1 つのネットワークを構成していると言える。つまり、

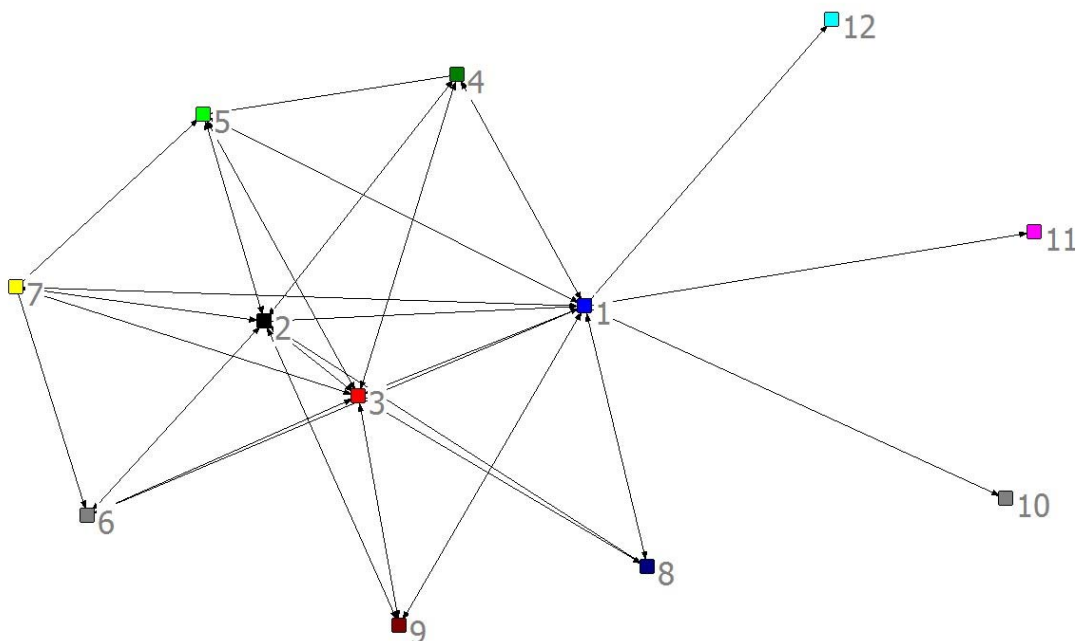


図 5.6 柴犬好きのネットワーク図

1 位～3 位の人々がそれぞれトピックスを提供し、それに対してお互いにコメントし合っているといった形式でコミュニケーションが行われていると考えられる。管理人は発言者 1 で、全員にコメントを返し、ほぼ毎日何かを書き込んでいるが、それと同じぐらい 2 人の常連もコメントを返している。

### ③内容的特性

表 5.8 は、柴犬好きの発言の内容的特性を表したものである。各項目に対応する代表例は表 5.3（前出）に示している。まず、自己関与を伴う表現に関しては、「自己呈示」はあまり多くないが、「感情表出」は半数を超えている。柴犬好きでは、感情といった内面的なものを積極的に出すが、自分の身元が判明しない程度の情報しか書き込まない掲示板であると言える。つまり、客観的な情報だけでなく、自分の心情や感想を書き込むといった自分の内面を開示するが、誰もが閲覧可能な掲示板であることから、属性的な面はほとんど書き込まれていない。

次に、コミュニケーション的な考慮に関しては、「絵文字」が非常に多く、「フォーマル性」、「挨拶」の割合もとても高いうえに、「擬態語」もそれなりに使われている。柴犬好きは、基本的に書き込みの最初に挨拶を書くといった形式的なスタイルを取っている一方で、絵文字を多用し、擬態語などを用いることで親しみを込め、自分の感情を相手に表明するといったコミュニケーションを行っている。

そして、画面表示・話題内容に関しては、ほとんどが「段落表示」を行っている。柴犬好きでは、1 回の書き込み量はあまり多くないが、基本的に文毎に改行し段落ごとに 1 行空白を作って書き込んでいる。中には 1 文ごとに 1 行空白を作って書き込んでいる人もいる。これは、より読みやすいように配慮している、もしくは管理人の書き方に合わせているといった要因が考えられる。もう一つの特徴的な点は、話題が絞られており、毎日何回も書き込んだり、1 日で何往復もやりとりしたりするため、まとめてたくさん話題を書くことが少なく、メールのやりとりと同様の感覚で利用されている。また、携帯の絵文字を使うことが可能であるため、絵文字を駆使してレイアウトに工夫を凝らす人もいる。これらのことから、この掲示板は最低限の挨拶や丁寧語を心がけながらも、特定の人の間では、親密なコミュニケーションを行う場となっている。

表 5.8 柴犬好きの内容的特性

			している	していない	合計
発言の内容的特性	何らかの自己関与に伴う発言	自己呈示	97 19.40%	403 80.60%	500 100.00%
		本名表示	0 0.00%	500 100.00%	500 100.00%
		感情表出	293 58.60%	207 41.40%	500 100.00%
	コミュニケーション的な考慮に関する内容	発言のフォーマル性	450 90.00%	50 10.00%	500 100.00%
		挨拶	306 61.20%	194 38.80%	500 100.00%
		絵文字	497 99.40%	3 0.60%	500 100.00%
		擬態語	162 32.40%	338 67.60%	500 100.00%
	画面表示・話題表示に関連したもの	複数話題	179 35.80%	321 64.20%	500 100.00%
		段落表示	429 85.80%	71 14.20%	500 100.00%
		レイアウト考慮	10 2.00%	490 98.00%	500 100.00%
		内輪向けの語り	28 5.60%	472 94.40%	500 100.00%
		フォーラム言及	6 1.20%	494 98.80%	500 100.00%
	テーマと関連しない話題		181 36.20%	319 63.80%	500 100.00%

## ④ 親密度評価

柴犬好きにおける親密度を VRM の 3 種の指標で分析した結果を表 5.9 に示す。「開示」が圧倒的に多く、「応答」、「質問」がそれに次いで多くなっていることがわかる。小川 [5] が述べているように、コミュニケーションの回数を重ねることで、開示の量が増加し、自己開示の程度が進行していることがわかる（付録の表 A-4 参照）。表 5.8 で示したように、主要な発言者は 3 名と限定されているが、主要発言者間では、段々深くまで、自己開示するようになっている。また、質問の頻度もそれなりにあるが、質問の場合は、たとえば、「今気が付いたのですが、柴犬と一緒に寝ている私、これでよいのでしょうか？」や「体重は 10 キロなんです、太っているのでしょうか？」の文例にあるように、相手に対する不確実性を低減させるためというより、自分のペットに関する疑問や

不安を解消したいだけだのことが多い。ただ常連の参加者は、相手の質問や意見に対して、積極的にコメントを返し、「自己開示の返報性」が見られ、常連参加者間では、それ以外の参加者の話題提供が引き金になってさらに親密性を増加させる方向へ進展している。

表 5.9 柴犬好きにおける VRM の各カテゴリーの出現量

反射	解釈	応答	質問	確認	指示	情報	開示
8	6	270	171	57	84	80	2759

また、発話事象に関しては、「世間話」、「冗談」、「近況報告」は多少あり、クリスマスや年末年始に関する話や、絵文字を使ったユニークな冗談や、お互いの仕事やイベントのなどその日の出来事を冗談も交えながら語っている。しかし、「うわさ話」はあまり見られず、実際に起こった出来事のみを話題にしてコミュニケーションを行っている。よって、知人程度の関係性は築かれているが、「私と Cさんは二人揃ってクリスマス🎄らしくないクリスマス🎄なのでした〜👩🏻」や「お礼といっちゃなんですが、ありがとうございますのチョコ🍫と塩チョコ🍫リボン🎀を付けて送ります👩🏻」の文例の内容レベルにとどまっており、親友といった関係性にまで至っていないと考えられる。また、コミュニケーションのスタイルは基本的に型どおりであるが、管理人が新しいスタイルを提示すると他の人々も追随しているといったことがみられる。よって、コミュニケーションは管理人と2人の常連が中心となって行っているが、親密になる雰囲気や流れを作っているのは管理人であると考えられる。

以上のことから、柴犬好きでは、初期のコミュニケーションから発展して親密な関係になっていくが、知人程度で留まり、親友になるまでには至らないと言える。これは、参加者同士は時間が経つにつれて親密度が増していくが、インターネットだけの関係なので親友になるほど深く仲良くなれないからだと考えられる。このように、コミュニケーションの相手自身と仲良くなることが目的でコミュニケーションを行っているわけではないにもかかわらず、柴犬を飼っている相手と柴犬のことに関して語るために仲良くなりたいという気持ちも手伝って、親密度が増す現象が起きている。

### (3) 対人間

#### ① 発言分布

表 5.10 は、ママ友の掲示板での発言者別の発言回数である。約 1 ヶ月で 10 名が書き込んでいる。1 日当たりの発言者数は、前半は 6 人と多かったが、後半は少なくなり（付録の表 A-1 参照）、1 日当たりの発言回数（付録の表 A-2 参照）や 1 人当たりの発言回数が多い。また、発言の最も多い人の発言割合が高く、孤立発言者はいない。以上より、基本的に全体として活発なコミュニケーションを行っているが、離脱する人も多く、最終的には特定の数人が繰り返し書き込んでいるという事が分かる。よって、結果的に特定の参加者によってコミュニケーションを行う閉鎖的なコミュニティとなっており、親密な関係性を築きやすいが、新規で参加しづらくなっていると考えられる。また、管理人だけが主にコメントを書くといった形ではなく、発言回数の上位の人というより、最終的に残った 2 人も積極的にコメントを書いている。よって、一人の人間が中心となって成り立っているコミュニティではなく、複数の常連が中心的な存在となってコミュニケーションを行っているコミュニティである。

表 5.10 ママ友の発言者別の発言回数

発言者名	発言回数
A	198
B	147
C	14
D	27
E	18
F	2
G	2
H	1
I	90
J	1

#### ② コメントチェーン分析

コメントチェーンを作成して分析すると、多くはあるトピックスについて、常連のメ



ンバーが自分の経験や知識を提供したり、相手の心配をしたりといった形が多く、管理人を含む常連の3名がお互いの書き込みに関して個別に返信したり、新規の参加者の書き込みに対してもその3名が管理人のように返信をしている。また、妊娠に関する話題だけではなく、自分の妊娠前のことや、家族のことなども書き込み、それに関してもお互いにコメントをしている。つまり、この掲示板では常連3名が、馴れ合いのコミュニケーションを行っており、毎日何かを書き込むほどのめり込んでいることがわかる。

図 5.7 は、発言者間のメッセージのやりとりを図式化したものである。発言者は発言回数が多い順に 10 まで番号がついている。図 5.7 によると、ママ友は、1 位と 2 位の発言者が中心となって存在しているコミュニティとなっている。孤立している人はおらず、1 位と 2 位の発言者を中心に 1 つのネットワークを構成していると言える。つまり、1 位と 2 位の人々がそれぞれトピックスを提供し、それに対してお互いにコメントをするといった形式でコミュニケーションが行われていると考えられる。3 位の人 は書き込み数が多いので常連といえるが、この掲示板に参加したのが遅かったため、初期に多くの参加者がいたときから書き込んでいる 1 位と 2 位の人と比べると他の参加者との繋がりが少ない。管理人は発言者 1 で、全員にコメントを返し、ほぼ毎日何かを書き込んでいるが、それと同じぐらい 2 人の常連もコメントを返している。

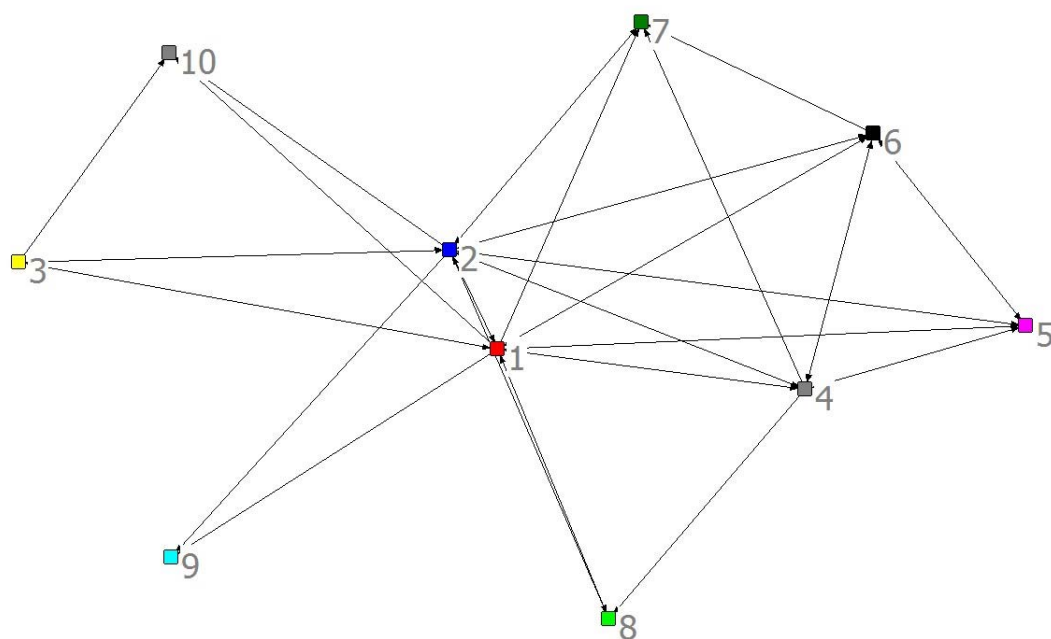


図 5.7 ママ友のネットワーク図

### ③ 内容的特性

表 5.11 は、ママ友の発言の内容的特性を表したものである。各項目に対応する代表例は表 5.3（前出）に示している。まず、自己関与を伴う表現に関しては、「自己呈示」はあまり多くないが、「感情表出」は半数を超えている。ママ友では、柴犬好きと同様に、感情といった内面的なものは積極的に出すが、自分の身元がばれない程度の情報しか書き込まない掲示板であると言える。つまり、客観的な情報だけでなく、自分の心情や感想を書き込むといった自分の内面を開示するが、誰もが閲覧可能な掲示板であることから、コミュニケーションを行うのにさほど重要ではない属性的な面はほとんど書き込まないと考えられる。

表 5.11 ママ友の発言の内容的特性

			している	していない	合計
発言の内容的特性	何らかの自己関与に伴う発言	自己呈示	59 11.80%	441 88.20%	500 100.00%
		本名表示	0 0.00%	500 100.00%	500 100.00%
		感情表出	289 57.80%	211 42.20%	500 100.00%
	コミュニケーション的な考慮に関する内容	発言のフォーマル性	497 99.40%	3 0.60%	500 100.00%
		挨拶	192 38.40%	308 61.60%	500 100.00%
		絵文字	499 99.80%	1 0.20%	500 100.00%
		擬態語	131 26.20%	369 73.80%	500 100.00%
	画面表示・話題表示に関連したもの	複数話題	271 54.20%	229 45.80%	500 100.00%
		段落表示	408 81.60%	92 18.40%	500 100.00%
		レイアウト考慮	3 0.60%	497 99.40%	500 100.00%
		内輪向けの語り	1 0.20%	499 99.80%	500 100.00%
		フォーラム言及	1 0.20%	499 99.80%	500 100.00%
	テーマと関連しない話題		123 24.60%	377 75.40%	500 100.00%

次に、コミュニケーション的な考慮に関しては、「絵文字」の割合が非常に高く、続いて「フォーマル性」の割合も高いのに対して、「挨拶」、「擬態語」は中程度となっている。ママ友はフォーマル性が高いながらも、絵文字を多用し、少しの擬態語などを用いることで親しみを込め、自分の感情を相手に表明するといったコミュニケーションを行っていると考えられる。挨拶が少ないのはけっして礼を欠いているからではなく、他の2種の掲示板と比べて1日の書き込み数が多いため（付録の表 A-1 参照）、書き込む度に挨拶をするのではなく、1日の最初に書き込むときにのみ挨拶を行うからである。おそらく参加者は、気が向いたときに掲示板に書き込むと言うより、ママ友とメールを合っているような感覚で頻繁に書き込んでいると考えられる。

一方、画面表示・話題内容に関しては、この掲示板でも、ほとんどが「段落表示」を行っている。ママ友では、1回の書き込み量はあまり多くないが、基本的に文毎に改行し段落ごとに1行空白を作って書き込んでいる。これは、場の雰囲気に合わせて模倣した書き方にしている表れと考えられる。また、「複数話題」も半数程度占めている。これは、掲示板の前半は結構多くの人が同じトピックスに関して毎日何回も書き込んだり、1日で何往復もやりとりしているが、後半になると、「昨夜はお腹が張って・張って寝付けませんでした。」や「朝から眠気がとれず、ずいぶん寝てしまいました💧」といった文例からも推測されるように、体調的な面も影響するせいか、書き込み回数が日によって偏ったり、自分の身に起こる慣れない様々な出来事を書き込むことにため、色々な話題が散在したせいだと考えられる。そして、この掲示板は柴犬好きと同様に大手の掲示板サイトが場を提供しており、管理人は話題を立てるだけなので、運営に関して意見されることはほとんどない。それから、基本的にその日の出来事を書き込むようになっているので内輪向けになることはあまりなく、レイアウトに工夫を凝らすような人もいない。これは、妊娠という慣れない生活のなかで、毎日の変化が大きいゆえにこれからどうなるといったことに関心があり、過去的话题にさかのぼって語ることもないため内輪向けになりにくく、レイアウトに工夫を凝らす余裕もないのだと考えられる。これらのことから、この掲示板は1日1回の挨拶や丁寧語を心がけながらも、みんなで毎日の自分の体の変化に不安や喜びを感じながらコミュニケーションを行う場であると言える。

#### ④ 親密度評価

これまでの2つの掲示板と同様、親密度に関してVRMの3種の指標で分析した。表5.12に、言語反応様式の出現量分析結果を示す。「開示」が圧倒的に多く、「応答」、「質問」がそれに次いで多くなっている。ここでも、他の2つの掲示板の場合と同様、コミュニケーションの回数を重ねることで応答や自己開示の量が増えて、段々深くまで自分を開示するようになっている（付録の表A-5参照）。また、質問の頻度もそれなりにあるが、相手に対する不確実性を低減させるためというより、妊婦生活に関する自分自身が抱えている疑問や不安を解消したいだけという自己中心的なものになっている。ただ常連の参加者は、相手の質問や意見に対して、積極的にコメントを返し、「自己開示の返報性」が見られる。

表 5.12 ママ友におけるVRMの各カテゴリーの出現量

反射	解釈	応答	質問	確認	指示	情報	開示
4	1	609	173	149	110	72	1986

また、発話事象に関しては、「世間話」、「近況報告」は多少あり、検診の無料券の話や高速道路の値段の話題や、お互いの胎児や妊婦生活に関するその日の出来事等を語っている。しかし、「冗談」や「うわさ話」はあまり見られず、実際に起こった出来事のみを話題にしてコミュニケーションを行っている。よって、知人程度の関係になるかならないかという程度で、親友といった関係性であるとは到底いえない。また、コミュニケーションスタイルは基本的に型どおりで大きく逸脱することなく、新しく独自のスタイルで書き込むこともなされていない。

以上のことから、ママ友では、小川[5]で述べられている親密化の初期段階のコミュニケーションから発展して、ある程度までは親密な関係になっていくが、それほど強い親密関係には至らないと言える。これは、参加者同士は時間が経つにつれて馴れあっていく親密度が増していくが、基本的にインターネット上の悩み相談的なコミュニケーションの場であるため、深く仲良くなれないものと考えられる。つまり、相手と仲良くなることが目的でコミュニケーションを行っているわけではなく、同じような悩みや不安

を抱えている妊婦と色々なことを共有し、妊娠中の子供を守りたい、自分の持っている不安を解消したいという利己的な発想で行っているため、親密度が増すのに限界があるのではないだろうか。また、参加者たちは妊娠後期であるため、自分の毎日の生活に精一杯で、冗談や他のよもやま話をする余裕がないと考えられるうえに、1ヶ月と期間が短いため、まだ親密度が増していく途中なのかもしれない。

#### 5.4 親密度形成の要因

以上、「対物」、「対動物」、「対人間」を対象とする掲示板を分析した結果、次に示すようなことがわかった。喫茶エクспレスは開示量が多いが、開示内容がそこまで深くないため、親密度は知人までに至らず、情報を共有するだけの関係にとどまってしまっている。それに対して、柴犬好きやママ友は、開示量だけでなく、開示内容も深いため、知人程度の関係性には至るが、うわさ話を積極的にするほどの親友といった関係には至っていない。これは、ある程度匿名であることから本音が言い合える環境ではあるが、匿名であるがゆえに親密度が深まりにくいことが影響しているのかもしれない。しかし、この2種を比較すると、柴犬好きは冗談を言うといったコミュニケーションを行っているのに対して、ママ友はそういった側面が見られないため、柴犬好きの方がより深く親密であると言える。

このように、インターネット・コミュニティでは対象によって親密度が異なることがわかった。そこで、各掲示板の親密度と性別・年齢・職業状況といった基本属性との関係を分析、比較することで、インターネット・コミュニティにおける親密度形成の要因を以下に考察する。

##### 5.4.1 各掲示板の親密度と基本属性との関係

###### (1) 各掲示板の親密度と性別の関連性

遠矢[2]によると、男性の友人同士は、さまざまな事象に対する考え方や自分の外的世界に関するコミュニケーションを行うのに対して、女性は早い段階から自分のプライベートな情報や感情を開示し合い、お互いに内面的世界に関するコミュニケーションを行う。また集団内の友人関係構造も性別によって差が見られる。男性は中心と周辺が明

確で、集団の多くのメンバーが何らかの繋がりをもっているのに対して、女性はいくつかのお互いに繋がり弱いサブグループに別れる傾向がある。つまり、男性は興味対象や思考パターンで結びついた広く浅い友人関係を築き、女性は情緒で結びついた狭く深い友人関係を形成する。以上のことを踏まえて、各掲示板の親密度と性別との関係性を分析する。

喫茶エクспレスは、男性が 43 人に対して、女性が 1 人と圧倒的に男性が多い。これは、趣味の対象が鉄道であることが男女の人数の差に大きく影響している。そして、その女性は、男性の中に一人で存在しているため、男性のコミュニケーションの行い方に合わせている。そのため、喫茶エクспレスは、先述した男性的な友人関係に極めて類似している。次に、柴犬好きの掲示板では男性が 1 人に対して、女性が 11 人と圧倒的に女性が多い。この差は、家族でペットを飼うと基本的に世話好きである女性がよく面倒をみることが関係していると考えられる。男性が、女性の中に一名存在しているが、男性の発言は情報を求め、その返事のお礼のみの書き込みだけであり、親密度を考える上でのデータとしては参考にならない。一方、それ以外は先述した女性的な友人関係に極めて類似している。ただ、自己を語るというより、ペットの話題をするところなのでペットに関して語ることが多い。最後に、ママ友は「ママ友」と表現するだけあって女性のみである。その内容もやはり自分の内面的な面を積極的に語り情緒的な繋がりをするといった女性的な友人関係に類似している。

以上のことから、対象の違いとは別に、参加者の性別も親密性に影響していると判断できる。これは、インターネット上においても、性別という属性は、対面状況と同じような影響を及ぼし、男性、女性特有のコミュニケーション場の雰囲気を保つものと推測される。

## (2) 各掲示板の親密度と年齢の関連性

喫茶エクспレスは、30～40 代前半のメンバーが中心となってコミュニケーションを行っており、若い学生などが積極的に質問し、年寄りの世代が昔の懐かしさ、自分の鉄道歴の長さを語っている。年齢によって知識量の差は多少あるかもしれないが、ただ、30～40 代前半が多いということは、働いている人が多いため書き込みの頻度は低くな

る。そして、柴犬好きとママ友は、20～30 代後半のメンバーがコミュニケーションを行っている。

このように、各掲示板とも年齢幅は若干異なる。この年齢による親密度の影響を検討するために、各掲示板における VRM の分析結果を年齢別に分類した結果を表 5.13 に示す。表より、年齢によって開示度や応答数に変化はなく、年齢による影響は少ないものと判断できる。また、3 つの掲示板とも年齢によらず、同一の文章形式になっている点からも年齢の影響はほとんどないといえる。ただ、ママ友の場合、出産回数が多い人の方が落ち着いた語りをしている場合があるが、落ち着きと親密性とは直接関連性はないと考えられる。

以上のことから、年齢はあまり親密度と関係していないと考えられる。これは、先行研究でも、対面状況であると年齢や職位によって発言の差異があるのに対して、インターネット上になるとフラット化してそのような差異がなくなることが明らかにされており（藤本[12]）、本研究によって親密度に関しても同様であることが明らかとなった。

表 5.13 VRM の各カテゴリーの出現量の年齢分布

	年代	発言回数	反射	解釈	応答	質問	確認	指示	情報	開示
	20代	2	0	0	0	1	0	0	5	17
喫茶 エクスプレス			0	0	0	0.5	0	0	2.5	8.5
	30代	145	2	12	25	212	18	14	588	947
			0.01	0.08	0.17	1.46	0.12	0.1	4.06	6.53
	40代	82	0	1	16	12	6	3	183	264
			0	0.01	0.2	0.15	0.07	0.04	2.23	3.22
	50代	32	0	0	3	31	0	1	79	131
			0	0	0.09	0.97	0	0.03	2.47	4.09
	60代	3	0	0	1	6	0	0	26	14
			0	0	0.33	2	0	0	8.67	4.67
	不明	144	3	6	18	51	3	16	261	448
			0.02	0.04	0.13	0.35	0.02	0.11	1.81	3.11
柴犬好き	年代	発言数	反射	解釈	応答	質問	確認	指示	情報	開示
	20代	8	0	0	2	4	0	6	1	29
			0	0	0.25	0.5	0	0.75	0.13	3.63
	30代	267	4	2	184	64	30	37	52	1642
			0.01	0.01	0.69	0.24	0.11	0.14	0.19	6.15
	40代	206	4	4	79	100	27	31	27	1000
			0.02	0.02	0.38	0.49	0.13	0.15	0.13	4.85
ママ友	年代	発言数	反射	解釈	応答	質問	確認	指示	情報	開示
	20代	187	1	1	177	45	49	33	22	610
			0.01	0.01	0.95	0.24	0.26	0.18	0.12	3.26
	30代	310	3	0	431	127	100	76	50	1368
			0.01	0	1.39	0.41	0.32	0.25	0.16	4.41
ママ友	不明	3	0	0	1	1	0	1	0	8
			0	0	0.33	0.33	0	0.33	0	2.67

### (3) 各掲示板の親密度と就業状況の関連性

喫茶エクスプレスは、働いている人が大半で、学生や定年退職した人は数名しかいない。よって、1日の書き込み数は少ないが、興味がある内容や返信があったりすると夜や朝に暇を見つけては、その話題が生じてから24時間以上空けずに書き込んでいる(付録図 A-1 参照)。つまり、学生や定年後の人のように好きな時間に頻繁に書くことは不可能だが、可能な限りの時間を見つけて書き、週末になると時間に余裕が出来、趣味の鉄道に没頭する時間も増加するため、書き込みが長文になると言える。このことから、書き込み回数は親密度に影響するが、その書き込み回数と就業状況に関連性が見られない。つまり、親密性と就業状況に関連性があるとはいえない。次に柴犬好きに関しては、フルタイムで働いている独身の人と自営をしている主婦が書き込みをしているが、独身の人は朝と夜と週末と書き込める日が限られているが、終業後に家族に縛られることもないため、頻繁に書き込んでいる。それに対して、自営をしている主婦は忙しいようで、数日に1回まとめてたくさん書き込むといった様子が見られる。このことより、書き込み回数は親密度に影響を及ぼすが、その書き込み回数は就業状況ではなく、家族関係に影響している可能性が考えられる。最後にママ友は、元々フルタイムで働いていたが、結婚や妊娠をきっかけに専業主婦になった人が多く、基本的に時間的余裕があるので書き込む回数が多い。しかし、妊娠しているという状況のせいか、自分のことで精一杯で他人に気を留める余裕がそこまでないため、親密度が増しにくいのかかもしれない。

以上のことから、就業状況に関係なく、自分の自由な時間がどれだけあるかが書き込む頻度を決定させるため、あまり自由な時間がない人は親密度を増加させにくいと考えられる。つまり、親密度を向上させるには接触頻度が重要となってくるため、働いているのか学生なのかの差はあまり出ないかもしれないが、独身なのか既婚なのかといった面では自由な時間を持てる割合が変わってくるので、親密度に影響があるかもしれない。この点は、対面でのコミュニケーションによる親密な関係の形成とも同様であるが、対面コミュニティは接触できる時間帯が制約されているのに対して、インターネット・コミュニティは時間差の会話が可能で、コミュニケーションに割く時間を相手の都合に無関係に設定できるため、より就業状況の影響が小さくなる。



#### 5.4.2 親密度が異なる要因

喫茶エクспレスと柴犬好き・ママ友の親密度が異なる要因は、喫茶エクспレスは男性的、柴犬好き・ママ友は女性的なコミュニケーションの特徴がみられることから、性別の違いが影響していると言える。しかし、同じ女性的コミュニケーションを行う柴犬好き・ママ友でも、親密度が少し異なる。このことから、性別以外の何かが影響していると考えられる。ところが、年齢や就業状況といった属性による違いはほとんどみられない。そこで、掲示板を比較すると、柴犬好きはポジティブな内容が多いのに対して、ママ友はネガティブな内容が多いことが関係していると考えられる。柴犬好きでは成長の早さや今までの飼育経験もあって対象に対して心配事が少ないが、ママ友では経験の少なさもあって些細なことで心配になりこの掲示板の中でも絶対安定的な存在がいなため、不安の解消を目的として書き込んでもまた別の不安が残る。よって、ママ友では冗談を言うといった親密性が見受けられないのではないだろうか。したがって、そういったポジティブとネガティブといった対象、内容による違いから、そこで形成される親密度も異なると考えられる。

このように、対象によって親密度形成の進行の程度が異なることがわかった。5.2で整理したように、親密度の程度に影響を及ぼす自己開示の程度、心理的距離、個人のアイデンティティの集団への同化とどのように関連するかもインターネット・コミュニティの特質を抽出する上で興味深い点である。対象となる3つの掲示板とも回数を重ねるごとに自己開示の量は増加していることはすでに述べたが、その開示の質は異なる。喫茶エクспレスでは、「対物」であるため、対象としている人工物に対して、万人が客観的に納得する情報を中心に個人の知識が開示され、参加者個人の心情、対人関係に対する個人の考え方はほとんど開示されない。これより、参加者間の心理的距離もあくまで対象とする人工物を介してのもので、それほど縮まらない。一方、個人のアイデンティティに関しては、対象とする物に関する部分の断片的な信念や帰属意識は集団のアイデンティティに同化する方向へ進むが、集団内他者の人間付き合いに関する考え方などは全て見えてこないなので、同化することなく他者との親密性はそれほど進展しない。

これに対して、柴犬好き、ママ友の掲示板では、参加者個人が日常実施している愛情をもった行動に基づいたコミュニケーションが主であるため、対話が繰り返されること

で、対人関係に関する各個人の心情や考え方が良く自己開示され、他者のアイデンティティへの理解も深まり、心理的距離も縮まってくる。この作業を通じて親密性が形成されていく。しかし、ママ友の掲示板でみられるように、自分の胎児を守ることが最優先であるコミュニケーション場では、参加者個人にとって、基本的には胎児は誰の子であっても等しく愛着心を持っているものの、自分の胎児を守ることを中心に個人のアイデンティティが形成されている。すなわち、防御的な自己開示であるため、他者のアイデンティティを受け入れる範囲が狭くなり、親密度はある状態以上には進行しにくい。以上、インターネット・コミュニティ上では、対象によって、同じ個人においても親密度に温度差が生じる。この特徴は、現代社会での血縁、地縁、地位といった束縛条件のある中での親密度の形成と最も異なる点で、匿名性と自己開示度を自ら相手とは独立して制御できるというインターネット・コミュニティ特有の性質に起因するものと考えられる。

このように、インターネット・コミュニティにおける親密度を考えていく上で、自己開示の程度や心理的距離が対象により大きく変化することがわかったが、インターネット・コミュニティにおける親密度形成の要因をもう少し的確に示す指標を考えていくことは有用である。そこで、本論文ではこれら 3 つの要素をより単純に表現するために、3 つの要素を促進する指標として「対象物への自己犠牲度」を、逆に抑制する指標として「集団内の他者への排他度」を考えた。なお、ここで定義する自己犠牲度、排他度は集団内を構成する他者に対するもので対象物に対するものではない。このポジティブあるいはネガティブな個人心理のバランスによって、上記 3 つの要素の大きさが決定され、集団内他者への親密度が決まると考えた。これに基づいて、表 5.14 に各対象に対する自己犠牲度と集団内他者への排他度の程度を比較したものをまとめた。

表 5.14 対象による自己犠牲度と排他度の違い

対象	対象物に対する自己犠牲度 (愛着心の質)	コミュニティの中での 他者への排他度
物	小	中立 冷静
動物	中	共感
人	大	利己的 感情的

対象が物、動物、人と身近なものになるに連れて、その対象に対する自己犠牲度が大きくなっていく。そして、コミュニティ内の他者への排他度は、対象が物の場合は中立かつ冷静に接するのに対して、動物の場合は共感の面が大きく表れ、人になると利己的且つ感情的な書き込みが多く見られる。この指標をもとに、親密度形成に関するマップとして、図 5.8 のようなグラフが描ける。縦軸にはコミュニティの他者への排他度（ネガティブ因子）、横軸には自己犠牲度（ポジティブ因子）を採用した。

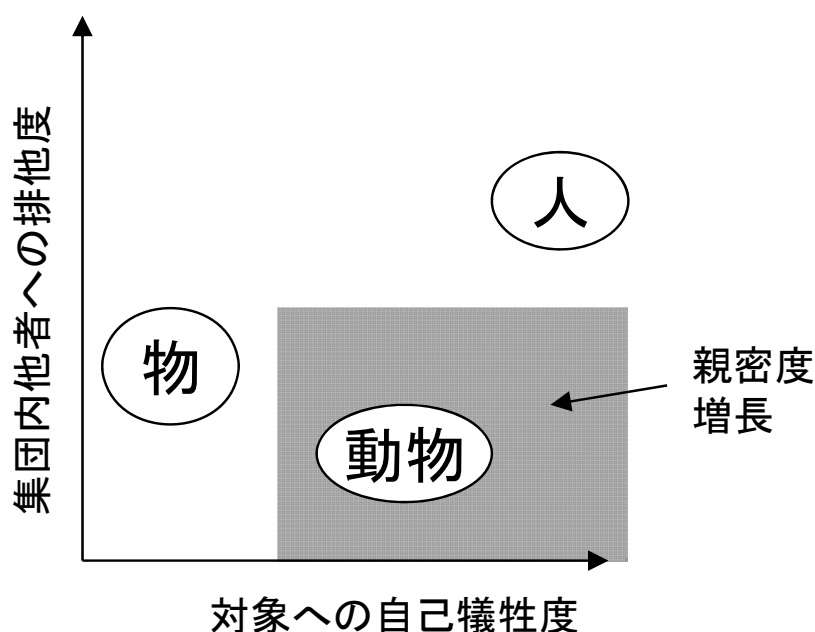


図 5.8 親密度形成に及ぼす排他度、自己犠牲度の影響

図 5.8 より、自己犠牲度が大きく、排他度の小さな対象がインターネット・コミュニティの親密度を増長する。対面コミュニティでの対人関係では、対象よりも社会環境（居住空間、地位など）が制約された条件のもとでの付き合いのため、自己犠牲をある程度強要され、一方、排他度も抑制されて、対象による差は隠される。これが、いわゆる「人付き合い」である。これに対して、インターネット・コミュニティでは、コミュニケーションの内容によってコミュニティが成立していくので、対象に対する依存度が高い。また、対面コミュニティでは他の制約された条件による「我慢」という行為により自己犠牲度を高め、かつ排他度を低くすることで親密性が保たれている場合もあるが、インターネット・コミュニティでは、そのような制約された条件が少なく、排他度が小さく

且つ自己犠牲度の大きな対象に対しては、対面コミュニティよりも親密度を増すことのできる場となる可能性がある。一方、排他度の高い対象や自己犠牲度の低い対象に対しては、インターネット・コミュニティを自分のペースで自分中心に利用して、対面コミュニティでは失う可能性のある人間関係を考えることなく、知識取得などの一定の成果だけを得ていく場とできる。すなわち、インターネット・コミュニティは個人にとって、あまり我慢せずにストレスの少ないコミュニティ空間として利用できる可能性を秘めている。

以上、インターネット・コミュニティは外的な社会的束縛条件の少ない中で、個人のもつ感情、考え方、心理そのものが駆動力となって親密度が形成される場であること、それゆえ、対象によって大きく親密度形成状況が異なることが示された。

## 5.5 結論

本章では、環境配慮行動を促進するための方策としてインターネット・コミュニティを利用するときに重要な要素となる、インターネット・コミュニティでの構成員の親密性増進のための要因を分析するために、3種類の掲示板でのコミュニケーションのデータに用いて親密化プロセスを解析した。その結果、インターネット・コミュニティにて親密性が発現する要因は、自己犠牲度（自己開示の程度、心理的距離、個人のアイデンティティの集団への同化を促進）が高い、排他度（自己開示の程度、心理的距離、個人のアイデンティティの集団への同化の抑制）が低いほど親密度が高いこと、これにはそのネット上での主題が重要であることを明らかにした。これに基づき、次章では、スマートビレッジ構築の検討の中で住民活動に係る部分において、地域社会での実際の環境配慮行動を定着させるために、上記の2つの要素を発現させるようなインターネット・コミュニティの効果的な組込み方を提案し、ソーシャルネットワークの役割を考察する。

[注]

1)スレッドとは、掲示板の中における1つの話題に関する記事をまとめたものを指す。

2)UCINET(<http://www.analytictech.com/ucinet/>)から無料でダウンロード出来る、ネットワーク図作成ソフトである。

## 参考文献

- [1] 筒井淳也(2008): 親密性の社会学—縮小する家族のゆくえ, 世界思想社, pp.1-31.
- [2] 遠矢幸子 (1996): 友人関係の特性と展開, 大坊郁夫・奥田秀宇編『対人行動学研究シリーズ 3 親密な対人関係の科学』誠信書房, pp.89-116.
- [3] La Gaipa, J. J. (1977): Testing a multidimensional approach to friendship,” S. Duck, ed., *Theory and practice in interpersonal attraction*, London: Academic Press, pp.249-270.
- [4] 中山晶子 (2007): 親しさを伝える, 岡本真一郎編『ことばのコミュニケーション』ナカニシ出版, pp.50-65.
- [5] 小川一美 (2007): 親密化過程と会話, 岡本真一郎編『ことばのコミュニケーション』ナカニシ出版, pp.66-80.
- [6] Goldsmith, D. J. & Baxter, L. A. (1996): Constituting relationships in talk: A taxonomy of speech events in social and personal relationships, *Human communication research*, Vol.23, No.1, pp.87-114.
- [7] 喫茶エクспレス : <http://8609.teacup.com/express22/bbs>, (Accessed 5.10.2010).
- [8] 柴犬好き (教えて&ご相談掲示板@ミクル) : <http://bbs.mikle.jp/threadres/1155407/>, (Accessed 5.10.2010).
- [9] H21 年 6 月 出産 予定 の 方 お 話 し ま し ょ う ( 育 児 掲 示 板 @ ミ ク ル ) : <http://bbs.mikle.jp/threadres/1142036/>, (Accessed 5.10.2010).
- [10] 川上善郎, 川浦康至, 池田謙一, 古川良治: 電子ネットワーキングの社会心理, (誠信書房, 1993).
- [11] Stiles, W. B. (1992): Describing talk: A taxonomy of verbal response modes, Newbury Park, Sage Publications, pp.1-13.
- [12] 藤本昌代 (2006): 企業組織における電子コミュニケーションと対面コミュニケーションの関係性, 同志社社会学研究, Vol.10, pp.1-14.

## 第6章 スマートビレッジ構築のための技術導入効果の検証と 地域環境コミュニティモデルの提案

### 6.1 序論

第2、3章では、有機系廃棄物、バイオマスを地域資源として捉え、その効率的な利用法策定のための評価法を、第4章では、家庭内のエネルギー消費、CO<sub>2</sub>発生削減を目的に環境配慮行動を定量化する手法を、第5章では、地域環境コミュニティ形成のためにインターネット・コミュニティを導入する際に必要なインターネット・コミュニティの親密性を増大させる要因分析を行った。このように、文理両面から実施してきた研究をベースに、本章では、各地方の点在する山間部を持った小都市を対象に、低炭素循環型社会の構築が可能か否かを概略評価し、スマートビレッジモデル、環境コミュニティモデルの提案と、その可能性を検討する。

### 6.2 太陽光発電とバイオマスのポテンシャル

第1章で提案した化石エネルギー消費密度と地域ゾーン面積との関係図（図6.1に再掲）に基づく、居住ゾーンでの再生可能エネルギー利用促進、森林部からのバイオマスエネルギー利用が中山間地域での中心となる新技術導入と考えられる。この太陽光及

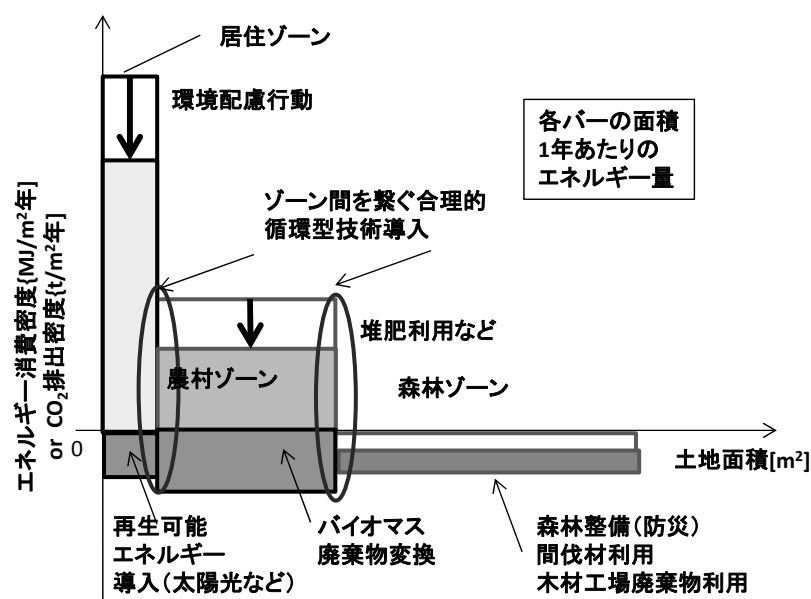


図 6.1 低炭素循環型社会設計の基本的な考え方（図 1.2 を再掲）

びバイオマス利用は居住地域での化石エネルギー消費密度低減には重要な技術である。しかし、現在、積極的に導入推進されている太陽光発電も、将来、新たな環境問題を誘発する可能性もある。例えば、以下のような項目はしっかりと考えておくべきと思われる。

- ・ 光反射による障害の可能性の有無
- ・ 太陽の当たらない多湿の土地の増大による生態系変化、ウイルス繁殖の可能性の有無
- ・ パネルの下は多湿。大面積パネルの表面温度は約 70℃ と高温。大面積パネルからの上昇気流で局地型気象変化誘発の可能性の有無

これに加えて、エネルギーは世の中で最も安価な製品であり、エネルギーより付加価値の高い製品を生み出しうる土地をエネルギー利用するのは論理的に矛盾がある（現在は FIT 制度で付加価値を得ている）。以上のことから、太陽光発電は、基本的に民家の屋根置きに分散して設置するのが適切と判断される。そこで、太陽光発電は民家の屋根置きのみとして、日本における両者のポテンシャルを見積り比較した結果を表 6.1 に示す。

表 6.1 太陽光とバイオマスのポテンシャルの比較

<p>・ 太陽光＋蓄電：</p> <p>一世帯あたりの延べ居住総面積160m<sup>2</sup> を、容積率60%として 家屋敷地あたりに換算すると、約 30坪 (100m<sup>2</sup>) 屋根置きパネルで、標準は 3 kW、 平均発電時間は2.5h／日なので、 100m<sup>2</sup> あたりで発電量は、<math>3 \times 2.5 \times 365 = 2738 \text{ kWh} / (\text{年} \cdot \text{一世帯})</math> <math>2738 / 100 = 27.38 \text{ kWh} / (\text{敷地m}^2 \cdot \text{年}) = 27.38 \times 3600 / 1000</math> <math>= 98.6 \text{ MJ} / (\text{敷地m}^2 \cdot \text{年})</math>となる。</p>
<p>-----</p> <p>・ バイオマス：</p> <p>森林密度＝0.21m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> （林野庁H22年度統計データより） 生木：1,890kJ/kg（含水率100%、1m<sup>3</sup>＝300kg） ⇒絶乾 21MJ/kg ⇒生育20年周期として、<math>(21)(150)(0.21) / 10 = 33 \text{ MJ} / (\text{森林m}^2 \cdot \text{年})</math></p>

表から、太陽光発電のポテンシャルは屋根置きのみでも大きいことが判る。総務省データによれば、2010 年の日本全体の一世代あたりのエネルギー消費量が 40000 MJ/年で、

この 50.1%が電力に相当するので、一世帯あたりの電力消費量は 5500 kWh /年であった。これより、太陽光発電は各世帯の年間消費電力の約半分をカバーするポテンシャルを秘めていることがわかる。

一方、バイオマス利用は、大都市部ではほとんど無力であるが、農村、山間地域では十分資源としてのポテンシャルを有していることが推察される。ただし、表より判断できるように、エネルギー効率が 20%程度しか望めない発電のみでは、太陽光には到底及ばず（1 ケタおち）、熱利用するスキームを考えることが必要条件であることがわかる。家庭内では、熱の消費エネルギーが電力消費エネルギーとほぼ同等なので、表中のバイオマスポテンシャルから効率 80%で電力+熱エネルギーを回収するとして、理論的には、世帯あたり、3030 m<sup>2</sup>の森林があれば賄える計算になる。一世帯あたりの家屋 100 m<sup>2</sup>、敷地の建蔽率を 40%として、一世帯あたりの敷地面積の約 12 倍の森林があればエネルギーを賄える。このことから、太陽光発電の家庭内電力消費エネルギーの約半分をカバー（家庭内総エネルギー消費の 1/4）と同等のエネルギーをバイオマスから得るには、居住ゾーンの約 3 倍の森林ゾーンがあれば可能性があることを示唆している。また、バイオマス利用の場合は、森林ゾーンでの生育のセットになるので、太陽光と異なり CO<sub>2</sub>をマイナスにする効果もある。しかし、実際には、森林ゾーンからの搬出に多大なエネルギーが必要で、もっと利用効率は低い。以上のように、農村、山間地域では、太陽光発電+バイオマス利用しても、自然の循環速度にあった再生エネルギーとして利用可能なことが判った。そこで、次節では、日本に数多く点在する中山間小都市を対象に、スマートビレッジ構築の可能性を技術、コミュニティ形成の両面から検討する。

### 6.3 中山間小都市における技術導入効果によるスマートビレッジの構築の可能性

このように、太陽光、バイオマス利用の可能性が十分あることが概略計算から判明したので、次に、山間地域をもつ小都市の例として、精力的にバイオマスタウン計画を推進している兵庫県宍粟市のデータをもとにスマートビレッジ構築の可能性を検討する。まず、宍粟市の基本データを表 6.2 に示す[1]。このデータをもとに、エネルギー消費密度マップを描くと図 6.2 のようになった。ここで、宍粟市では耕地面積が少なく、またそのエネルギー消費の内訳のデータも無かったので、居住ゾーンと農村ゾーンを合わ



せたゾーンで考えることとした。また、年間のエネルギー消費に関しては、家庭、業務、産業、運輸も含めた総エネルギー消費量で考えた。図より、森林地域でのバイオマスポテンシャルは十分有していることがわかるが、全てが経済的エネルギー的に利用可能ではない。

表 6.2 宍粟市基本データ（宍粟市 Web サイトの 2012 年統計から抜粋）

総面積	658.60 km <sup>2</sup>	エネルギー消費量	5100 TJ/年
可住地面積	72.05 km <sup>2</sup>	(内訳)	
耕地面積	23.5 km <sup>2</sup>	家庭(電力)	680 TJ/年
林野面積	586.55 km <sup>2</sup>	家庭(熱)	570 TJ/年
総農家数	3274戸	業務	1050 TJ/年
林業	412 経営体	産業	960 TJ/年
総人口	40938人	運輸	1840 TJ/年
総世帯数	13157世帯		
可住地人口密度	568 人/km <sup>2</sup>		
世帯あたりの 居住述べ面積	150 m <sup>2</sup>		

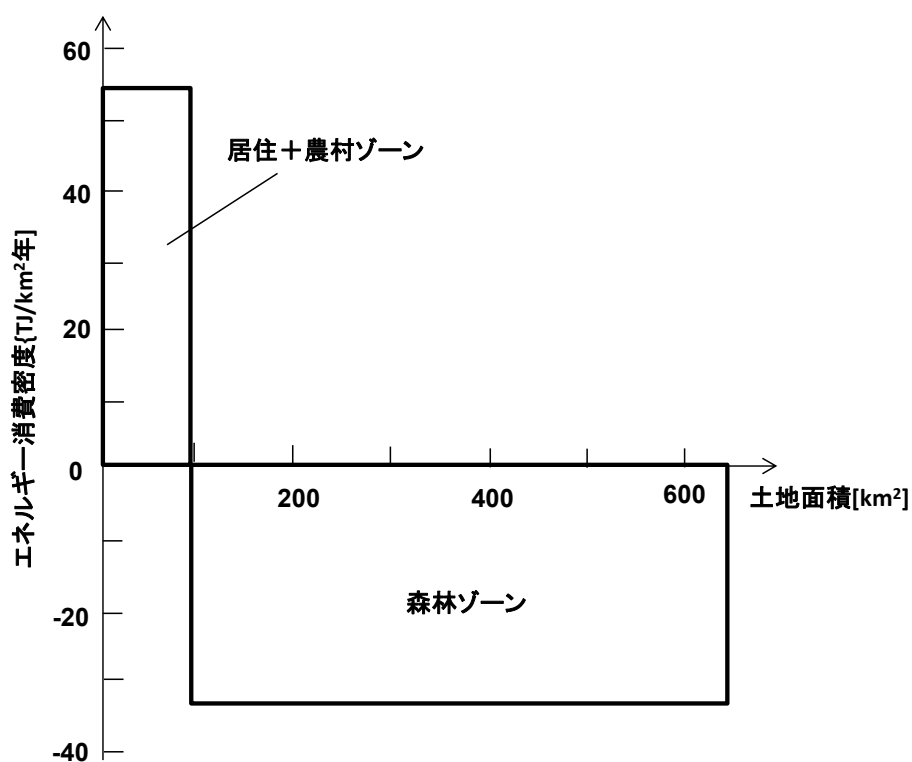


図 6.2 宍粟市のエネルギー消費密度概略マップ（現状）

この現状のエネルギー密度マップをベースに、以下、それぞれの項目に関して、低炭素化のための大まかな概略計算を実施した。まず、居住部におけるエネルギー供給の一部を化石エネルギーから再生可能エネルギーに変更した場合の密度を考える。表 6.2 のデータに基づき、居住地域の家屋に太陽光発電を 100% 導入した場合の年間エネルギー供給量家庭内の消費エネルギーの半分まで賄われるが、100% 導入は非現実的な数値である。太陽光発電が向こう 20 年で最大 30% 導入されると考えると、家庭内の約 15% 化石エネルギー密度を低減できる。これより、98.6 GJ/(世帯・年)のエネルギーに世帯数 13157 世帯の 30% を乗じると、約 344 TJ/年となる。よって、(居住+農村)ゾーンへの供給エネルギー密度は、約 4 TJ/(km<sup>2</sup>・年)となる。

次に、バイオマス利用について考える。表 6.1、図 6.2 から、宍粟市の森林面積は大きく、一見、量的にはバイオマスだけでエネルギーを賄えるように思えるが、利用サイトまで輸送してエネルギー的、経済的に成り立つバイオマス量はそれほどない。そこで、現在、宍粟市が経済的に集積、利用できると公表している有機資源量を表 6.3 に示す[2]。

表 6.3 宍粟市で利用可能なバイオマス（廃棄物）量

宍粟市バイオマスタウン構想報告書（平成 19 年 3 月 19 日）より抜粋

種 類		(t/年)	(tC/年) (炭素換算値)
ドライ	木質系廃材(製材くずなど)	36,470	18,891
	間伐材・林地残材	18,612	9,641
	未稲わら	4,943	2,022
	未もみ殻	1,119	458
	廃紙くず	4,763	1,692
ドライ合計		65,907	32,704
湿潤	廃家畜排泄物	28,208	9,901
	廃食品廃棄物	2,855	1,262
	廃生ゴミ	2,400	1,061
	廃浄化槽等汚泥	130	50
	廃下水汚泥	5,600	2,150
湿潤合計		39,193	14,424

表の内訳はドライバイオマスと湿潤性バイオマス廃棄物からなっている。第 3 章で提示したパスダイアグラムの検討結果から、ドライバイオマスには、図 6.3 のダウンドラ

フト型のガス化（図 3.6 再掲）を、湿潤性バイオマス廃棄物には、図 6.4 の廃棄物の炭化プロセスと図 6.2 のガス化で発電、熱利用するスキームを採用する。この図 6.3、6.4

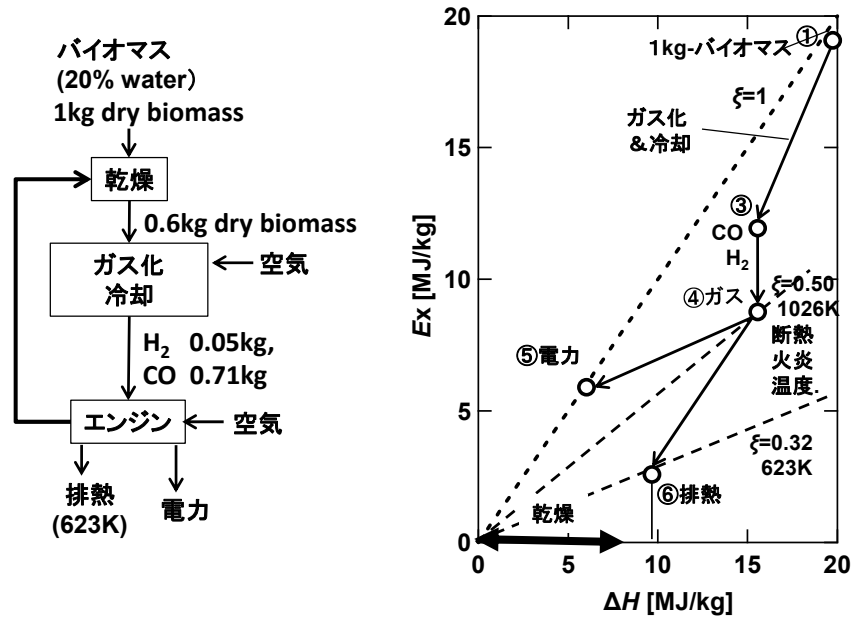


図 6.3 ドライバイオマスの利用スキーム（図 3.6 を再掲）

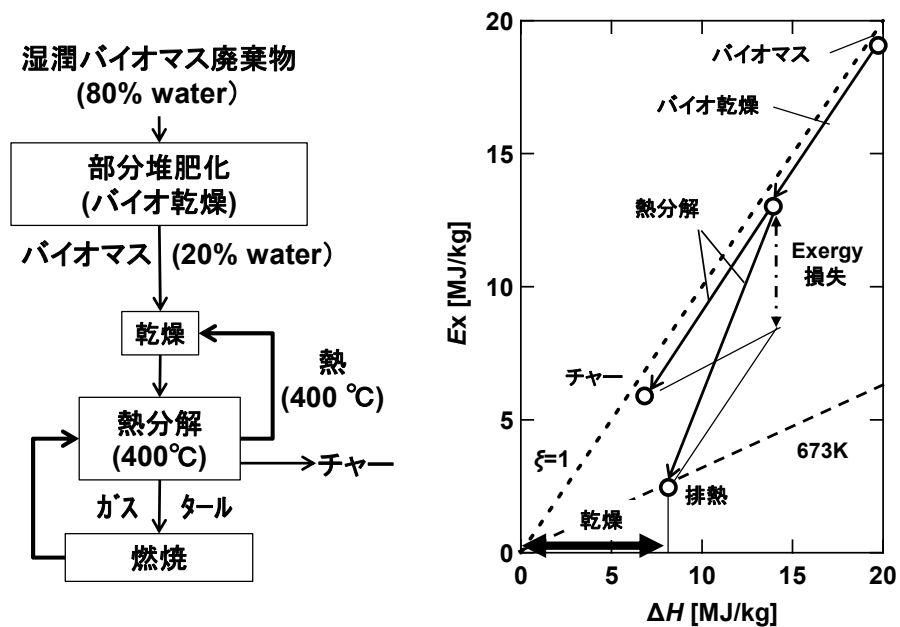


図 6.4 湿潤バイオマス廃棄物の利用スキーム（図 3.9 を再掲）

から算出される発電及び熱への変換率に、表 6.3 の各有機資源量を乗じたものがバイオマスエネルギー利用可能量になる。ここで、バイオマスの乾燥に排熱を利用するが、乾燥後もまだ 150℃程度の熱エネルギーは有しているので、温水利用は十分可能である。図 6.3、6.4 の電力、熱に変換した場合に、乾燥バイオマスの場合は、1kg あたり約 6MJ の電力と 2.5MJ の熱を得ることができるので、乾燥バイオマス 65907 トンでは、 $65907 * 1000 * (6+2.5) \div 560$  TJ/年となる。一方、湿潤バイオマスでは、炭化チャーが約 6 MJ/kg-乾燥バイオマスと約 2MJ の熱エネルギーを回収できる。この回収チャーを図 6.3 のガス化で電力、熱を回収すると、元々の乾燥バイオマスあたり、約 1.8MJ の電力と 0.75MJ の熱を回収できる。表 6.3 の炭素基準データから湿潤バイオマスの乾燥重量は、約 29000 トン/年となるので、回収できるエネルギーは、 $29000*1000*(2+1.8+0.75) \div 132$  TJ/年となる。この値はドライバイオマスからの回収量エネルギーの約 22%程度であるが、湿潤バイオマスではその高水分量から、処理するのに化石エネルギーを多量に供給している現状を考えると画期的な回収量である。これらの資源の利用率は現状でも約 85%であることから、20 年後には 100%の利用率と仮定し、またプロセス効率を平均的な 70%として計算すると、地域有機資源によるエネルギー供給量は、約 392 TJ/年となり、(居住+農村)ゾーンでのエネルギー密度は、約 4.1 TJ/(km<sup>2</sup>・年)となる。ここで、本来なら、第 2 章で提案したコストダイアグラムを利用して採用したプロセス(プラント)の能力によるコスト、エネルギーの評価を行う必要があるが、具体的なプラントデータがないので(通常、プラントサプライヤーが提示)、70%という平均的な値を採用した。実際には、サプライヤーから提出のデータをもとに、コストダイアグラムで算出すれば良い。

最後に、居住地域における環境配慮行動効果を考える。第 4 章の結果から、自動車はハイブリッド車(HV)の導入効果が大きかったので、表 6.1 の輸送部門のエネルギーに関して、20 年度、HV に 100% 置換えとして、その効果(第 4 章の結果からエネルギー消費量 2/3)からエネルギー消費量を計算した(20 年の間には一度は車を買替え、そのときにはほとんどが現在の HV 以上の省エネ効果を有していると思われる)。その結果、運輸部門のエネルギーは現在の 67%になる。また、家庭内の省エネに関しては、第 4 章の結果から、簡単な環境配慮活動で約 2 割程度は削減可能であると判断されたの

で、2割削減とした。これより、運輸エネルギー消費は1840 TJ/年が約1230 TJ/年、すなわち、約12.8 TJ/(km<sup>2</sup>・年)のエネルギー消費密度に、家庭内エネルギー消費は1250 TJ/年が約1000 TJ/年、すなわち、約10 TJ/(km<sup>2</sup>・年)のエネルギー消費密度になる。

以上の推算結果をもとに、エネルギー消費密度マップを書き直すと図 6.5 のようになった。居住＋農村ゾーンのエネルギー消費密度が、環境配慮行動によって、現状の約 18% 低下、バイオマス、太陽光により、現消費エネルギー密度の約 13% 低下、合計、31% の低下が可能である。今回の計算では、業務、産業部門の環境配慮行動を考慮していないので、この程度の数値であるが、家庭と運輸の消費エネルギーベースで考えると、現状の約 32 TJ/(km<sup>2</sup>・年)のエネルギー消費密度に対して、上記の低炭素化によって、約 13 TJ/(km<sup>2</sup>・年)のエネルギー消費密度となり、約 60% 削減できるポテンシャルを有している。一方、森林ゾーンのバイオマスから平均 10 TJ/(km<sup>2</sup>・年)のエネルギーを取りだせる可能性を有しており、将来、森林ゾーンでアクセス容易なところから約 1/3 のゾーンの森林利用と業務、産業部門の環境配慮行動によって、宍粟市では、1/3 の森林利用は十分可能な環境にあり、十分低炭素循環型社会を形成できる可能性があることが示唆された。

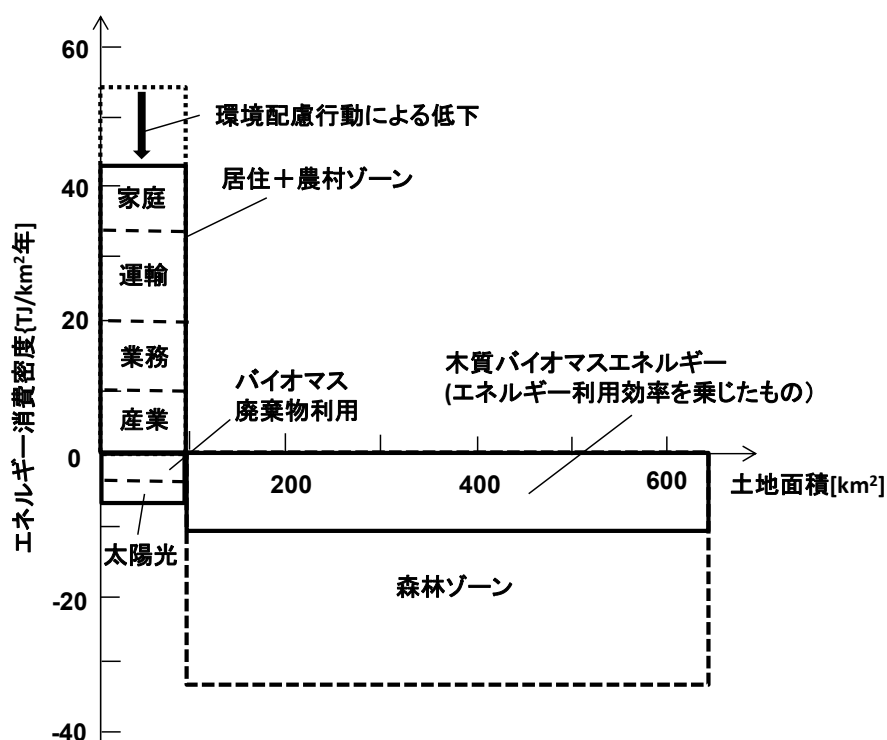


図 6.5 再生可能エネルギー、環境配慮行動による低炭素化のモデル計算結果

このように、提案した評価法をもとに、低炭素循環型社会形成のシナリオを策定し、その効果を定量的に可能であることが示されたが、実際に地域設計していく場合には、ロケーションなどが非常に重要になってくる。今回のような中山間地域の例ではバイオマスの熱利用が効果的に実施できるかが成否の最大の鍵である。よって、熱利用スキームを先ず考える必要がある。熱は輸送距離が短い上、バイオマス電力をコスト面で合理的に供給するには、併産する熱を確実に使える消費サイトが必要である。そこで、一つのモデルとしては、図 6.6 に示すように、地域の学区に基づいて、小型バイオマス熱電プラントをおき、小学校を核に、その周りに病院などの公共施設をレイアウトしていき、確実にバイオマス熱利用するという設計が必要である。小学校は、1年生でも通えるところに位置するので、災害時の安全を確保する場所と位置づけ、湿潤バイオマスの炭化物などは貯蔵して、周辺の病院、公共施設を含めて、災害時に太陽光と備蓄炭化物ガス化による発電、温熱利用できる町づくりもセットで考えることが重要である。

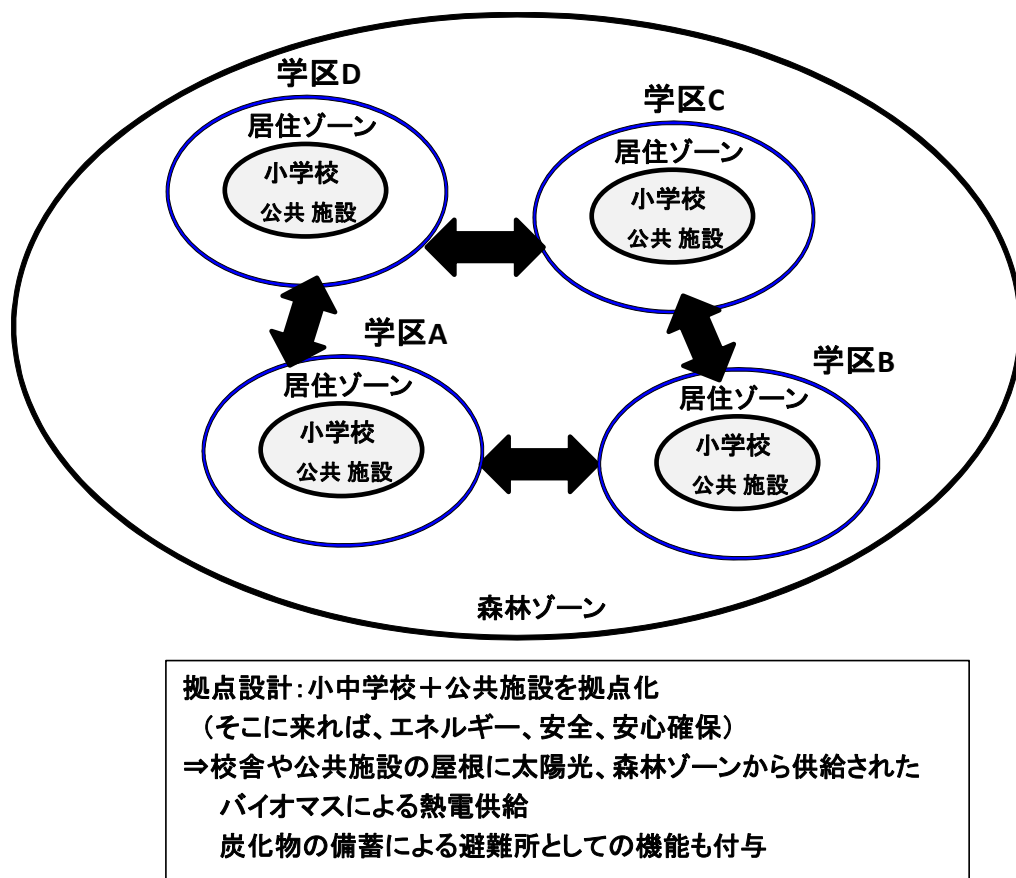


図 6.6 小学校を拠点とした町づくりの提案

## 6.4 環境配慮行動促進のための地域環境コミュニティの形成

上述のモデル計算でも示したように、低炭素化循環型社会の構築には、環境配慮行動の効果が顕著である。これを促進するには、地域の環境コミュニティを醸成していくことが不可欠である。環境配慮行動を地域全体の常識として定着させるには、現存の町内会組織などの地域組織の連帯感、価値の共有化を目に見える形で進めていくことが重要と思われる。この一手段として、インターネット・コミュニティによるソーシャルネットワークの利用の可能性を検討した。インターネット・コミュニティの役割は実社会での活動を誘導、支援するものであり、これにはインターネット・コミュニティを介して地域住民の信頼感、連帯感を増進させることが目的となる。逆に言えば、これらの増進には、親密性が深化するインターネット・コミュニティを形成していくことが求められる。第5章で、インターネット・コミュニティ上での親密性形成の要因分析を実施した結果から、扱う事象が重要であることが明らかになっている。すなわち、5章で得られた結論に従って環境配慮行動の促進定着を考えた場合、排他的にならず自己犠牲しても良い（＝簡単な労力で効果が顕著に出るなど）事象を取り扱っていくことから始めるなどの工夫が必要である。ここでは、このように親密性増大という視点でインターネット・コミュニティを組み込んだ地域環境コミュニティの可能性と方向性について考察した。

### 6.4.1 環境配慮行動を促進させる動機づけと手順

日本人は環境保全に対して貢献したいという意欲は高いが、環境配慮行動を日常的に実践するということはあまり出来ていない。その環境配慮行動の実践度に関しても、日常的に実践しやすいことや、他者の目が気になる行動が高くなっている[3]。別の研究[4]では、人々はある行動がCO<sub>2</sub>削減に有効であると感じた場合に、そしてその行動が取り組みやすいと感じた場合に当該行動をしようという動機が活性化されることが明らかとなった。また、それぞれの環境行動が、環境にどの程度肯定的な影響を及ぼすかという個人の認知（有効性知覚）よりも実行可能性や費用や便益の評価も含めた、その行動が取り組み易いかどうかということに関する個人の認知（容易性知覚）のほうが行動の活性化に寄与する影響が大きいことから、より簡単な行動ほど取り組もうとする動機

が活性化されやすいことも示唆されている[4]。すなわち、環境配慮行動を促進するには、行動の取り組みやすさと他者の目が重要である。

そこで、動機付けに関して少し考察してみる。動機付けには、人は何によって動機付けられるのか(What)(内容)と人はどのように動機づけられるのか(How, Why)(過程)を考える必要がある。まず、動機付けの内容を考えると、個人の行動を起こす動機付けは基本的に欲求充足に帰着する。その欲求内容は大別して、自らに何らかの便益がある利己的なものと、対象に便益がある利他的なものに分けられる。環境配慮行動を考える場合に、両者を満たすようなアプローチが推進できるポイントである。一方、動機付けの過程を列举すると、以下のような項目が挙げられる。

- ①感動させる、②評価する・させる、③自尊心に訴える、④報酬を与える
- ⑤興味をそそる、⑥競争する・させる、⑦自己効力感を持たせる、⑧罰則
- ⑨目標を設定させる、⑩一体感を作る、⑪価値、重要性を認識させる、⑫支配する  
など

これに基づく、環境配慮行動促進には、第1ステップでは、⑪の価値、重要性をまず認識させて、④の報酬を物質、精神両面から与えながら、⑨の目標を設定させて、⑦の自己効力感をもたせることが必要である。これである程度進捗すれば、地域単位で②の自己評価、客観的評価をしながら、⑩の一体感を醸成できれば、地域全体で環境配慮行動は定着すると考えられる。

#### 6.4.2 環境配慮行動を促進させるコミュニティ形成におけるソーシャルネットワークの役割

##### (1) インターネット・コミュニティとリアル・コミュニティの比較

環境配慮行動に係るインターネット・コミュニティ(IC)の形成を考えるにあたって、インターネット・コミュニティとリアル・コミュニティの長所・短所を比較する。これまで多くの研究がなされているが、これらの研究で報告されている内容から纏めた結果を表 6.4 に示す。表から、IC で得られる利点としては、知識の供与が質的および量的に大きいことに加えて時間的にも迅速である点、意思決定の自律性が高い点、扱っている事象に対しての互酬性が大きいこと、事象に対する連帯感が大きいことが挙げられる。



表 6.4 現実社会とインターネット空間のコミュニティの性格の比較

	現実社会の集団（ネットワーク）	インターネット空間
ベース	血縁、地縁、イデオロギー、現実社会体制	自己の理念、嗜好、グローバル
紐帯	結束型	橋かけ型
境界	小	大
知識量	中	大
知識の質	中	大
自己呈示	控えめ	匿名性により戦略的
自己開示度	総合的	断片的
参加の自発性	一部強制	完全自発的
帰属意識	強い、持続的	断片的、一過性
意思決定の自律性	弱い（大勢支配）	強い（互酬性が見出せない時、離脱）
自己アイデンティティ	総合的だが弱い（バランス意識）	ネットワークと同一化
信頼	大（他人の総合的人格で判断）	大（ある事象に対する連帯信頼感）
安心	大、持続的（社会制度）	ある事象を考えているときだけ
互酬性	中（ケースバイケース）	ある事象に関しての共感 大

何よりも自己理念に基づき帰属する意義は大きい。一方、コミュニティの定着からみた短所としては、紐帯が橋かけ型で緩く、自己開示度が事象に対してのみ、帰属意識が一過性といった点があり、環境コミュニティの構築には、これらの短所を克服する仕組みを考える必要があることを示している。

## (2) インターネット・コミュニティを核とした地域環境コミュニティモデル

米国の政治学者ロバート・パットナムは、ソーシャル・キャピタル（社会関係資本）の効用を唱えている。パットナムによれば、ソーシャル・キャピタルとは人々の協調行動を活発にすることによって社会の効率性を高めることのできる「信頼性」「互酬性」「市民参加のネットワーク」といった社会組織の特徴をいい、ソーシャル・キャピタルが人々の安心感を醸成する可能性があると結論している[5]。現在、日本社会では、人の繋がりが希薄化し、孤立した個人が薄いインターアクションで集まっている状況になりつつある。しかし一方で、携帯電話での Twitter やパソコンのブログなど、ソーシャルネットワークによる不特定多数とのコミュニケーションは飛躍的に増大している。平成 23 年度の総務省の情報白書[6]で、ソーシャルネットワークの利用目的を調べたアン

ケート結果（表 6.5）が報告されている。表より、「知人とのコミュニケーション」、「知りたい情報を探すため」、「同じ趣味・嗜好を持つ人を探すため」が圧倒的に多く、「社会・地域コミュニティの問題解決」等にはほとんど利用されていない。これはインターネット上で社会・地域コミュニティ形成を意図して作られているものがほとんどないことによる。しかし、ある種の「知人」になれば（前節での親密性が出れば）、十分コミュニティ形成できることが示唆されている。これは、人は本質的にコミュニケーションをとることを求める種であり、これによって社会が形成されていることを明確に示している。また、スマートグリッドなどの進展で、環境やエネルギーデータのデジタル化、Web でのオンタイム公開なども行われている。これらの状況を考えると、環境に係るコミュニティ形成にはソーシャルネットワークは不可避である。しかし、実際に環境配慮行動を行うのは地域の実社会でありバーチャル上ではない。よって、実社会のコミュニティとインターネット・コミュニティをどのように融合するかが重要である。

表 6.5 ソーシャルメディアの利用目的

（出典）総務省「次世代 ICT 社会の実現がもたらす可能性に関する調査」（平成 23 年）

		SNS (mixi、Facebook等) (n=738)	ブログ (Amebaブログ、Yahoo!ブログ等)(n=244)	Twitter (n=176)
オフラインコミュニケーションの補完	もともとの知人とのコミュニケーションのため	43.9	11.1	25.0
情報の受発信	知りたいことについて情報を探すため	42.7	40.2	58.5
ソーシャルメディアを契機とする新たなコミュニケーション	同じ趣味・嗜好を持つ人を探すため	38.1	39.8	38.6
	自分の交友関係を広げたいと思ったから	14.6	7.0	13.6
身近な不安・問題の解決	同じ悩みごとや相談ごとを持つ人を探すため	9.8	13.1	10.8
社会・地域コミュニティの問題解決等	ボランティア活動や社会貢献をするため	0.9	2.5	2.3

以上の視点に立って、ソーシャルネットワーク（インターネット・コミュニティ）を利用した地域の環境コミュニティモデルを図 6.7 のように考案した。提案モデルの最大のポイントは、インターネット・コミュニティ（IC）を容易性知覚と有効性知覚の両方を促進する手段として位置づけるとともに、インターネット・コミュニティ（IC）と実

社会での環境行動実践とをリンクさせる点にある。これを機能させるために地方公共団体等による活動グループへのインセンティブ供与で、サブグループ内の信頼性・互酬性を進化させて、ICにフィードバックすることが重要である。これによって、ICと実社会活動とのループを循環させ、地域住民としてのアイデンティティを確立させるための役割を持たせる。すなわち、地域住民一人一人が地域社会の中で、自己の立ち位置、存在意義を感じることができれば、これまでの環境配慮行動への一方的な呼びかけに対する希薄なレスポンスから脱皮して、環境配慮行動への自発的行動を促進できると考えられる。ICにこの住民のソーシャル・レスポンシビリティ醸成のための情報の流通、増幅の役割を持たせることが重要である。

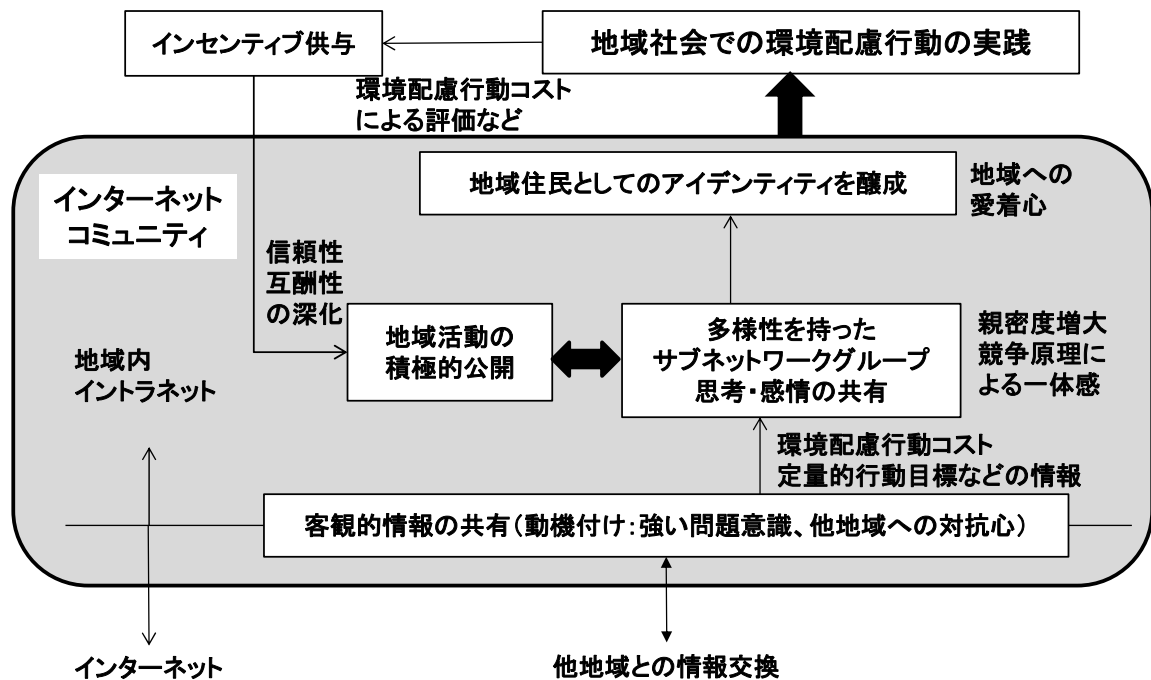


図 6.7 インターネット・コミュニティを組み込んだ地域環境コミュニティモデル

この提案モデルに従い、インターネット・コミュニティの役割を考えていくと、まず、第1レベルでは、インターネットを介して客観的なデータを公開し、信頼性の高い情報を提供することで有効性知覚を付与することである。これは現在でも色々な形で実施され、住民への認識度は省エネなど個人の利益ベースでは一部利用している人もいるが、地域の連帯を誘発するには至っていない。地域の連帯を誘発するには、防災という視点

の訴え方が必要である。地震などの地域全体が壊滅する事象に対しては、実際の惨状（阪神大震災や東日本大震災など）を見て、積極的に地域住民が協力して防災活動を実施している。これは、これらの災害の場合は、地域の安全・安心が担保されて初めて個人の安全・安心が成立することを知っているからである。また、地域の知り合いが自分と同じ被害者になることを認識しているから住民同志の協力が当たり前という認識になる。このことから、環境コミュニティにおける情報の共有においては、地球環境問題、資源問題の深刻さを十分伝え、子供たちの世代に地震よりも悲惨な地域の壊滅を招き、これを防ぐには地域での環境共生型のライフスタイルしかないといった情報などの有効性知覚付与が必要と思われる。また、共有すべき情報の内容としては、これまでの評価ベースの情報では、何ら個人のアクションはとれない。本論文の第2～4章で例示したような方法に従い公的機関が解析したのち、行動に使えるデータを提示し、どのようにすればどの程度の効果があるかを導ける情報にしていく必要がある。特に、環境配慮行動コストに関する情報は有効であると思われる。コスト意識をもつことは自分たちが実施した社会活動の値打ちを明確に認識でき、色々な行動が一元的かつ客観的に認識できるため、さらなる活動への大きなインセンティブになる。また、公共団体がサブグループへインセンティブを供与する上でも、コストによる価値評価は、実質的かつ具体的な基準となり得ると考えられる。

ICの第二レベルの役割は、地域内住民の環境配慮行動グループとしての親密度の増大である。前節で自己犠牲度（自己開示の程度、心理的距離、個人のアイデンティティの集団への同化を促進）が高い、排他度（自己開示の程度、心理的距離、個人のアイデンティティの集団への同化の抑制）が低いほど親密度が高いこと、これにはそのネット上での主題が重要であることを示してきた。これに基づいて、環境配慮行動の親密度を増大させるネット・コミュニティの内容と方向性を要因ごとに考察すると、

- ①自己開示の程度：自分がどういった環境行動を行っているかを開示できる仕組み
- ②心理的距離：自分個人のためではなく、その地域のためという意識の醸成。

その地域が住めないような状態になる＝自分も生きていけないという防災的な発想を付与

- ③個人のアイデンティティの集団への同化：同じ地域に住んでいる集団なので、帰属

意識はある。

④個人にとって、あまり我慢せずにストレスの少ない空間として外的な社会的束縛条件の少ない中で、個人のもつ感情、考え方、心理を公開できる場が可能となれば、十分機能する。これより、地域内イントラネットで地域内詳細情報は基本的に閉じ（上記③の実社会とのネット・コミュニティとの構成員の一致）、多様性を認めたサブグループのインターネット・コミュニティをいくつか立ち上げることが重要である（上記④のストレスの軽減、通じ合う同志の交流）。このとき、サブグループ内には数人のモデレーターによるコミュニケーションが中心になって進め、サブグループ参加者には受動的に情報や考えを受け取るだけのメンバーがいても良い。このサブグループ単位でなら、実際に環境配慮活動を実施していくことは可能で、容易性知覚を促進する手段となる。この実践活動に対して、公的機関が表彰、税金還付などのインセンティブを供与し、ICの中で報告、公開することで、ネットサブグループ内の信頼性、互酬性が増し、親密性増大できる。また、サブグループ間の健全な競争原理も働き、ICでの親密度、社会実践行動が加速すると考えられる。このように、実社会としっかり結合したインターネット・コミュニティを構築することで、環境配慮行動が促進されるとともに、新しい形で地域社会のリアル・コミュニティが再構築されと考えられ、ソーシャルネットワークのもつ意義は大きい。

このように、インターネット・コミュニティを介した環境コミュニティの形成は、環境配慮行動の促進定着、地域における住民としての意識醸成に寄与できると推察されたが、農村部などではインターネット利用が完全に実施可能かという別視点の課題もある。勿論、各町内会内全ての世帯でインターネットを利用するまでには、あと20年程度はかかると思うが、携帯も含めて、普及率80%は近い将来実現できると思われる。よって、最初は、例えば各町内会の班ごと(20件程度)でキーパーソンを決めておき、インターネット利用していない世帯へは回覧板や会話などを通じて情報伝達することも実施しながら、徐々にでもICT利用へと展開していくことが望まれる。今後の社会コミュニケーションとしてICTは常識となるのは間違いなく、今後の町内会活動全般の活性化にも有効であると考えられ、逆に上記の地域環境活動を題材に町内会活動ツールとして取り組んでいくべきと考えている。

## 6.5 結論

第1章で提案した、低炭素循環型地域社会構築のための基本的な考え方に基づき、中山間地域の例として宍粟市のデータを用いて、低炭素化の程度を推算した。推算には、第2～4章で提案した手法によって、太陽光、地域資源利用、環境配慮行動を定量的に見積もった。その結果、家庭及び運輸部門における現エネルギー消費密度の6割を削減可能で、全体としても3割程度の削減が可能であることを示した。また、森林ゾーンのポテンシャルは十分で、理論的には、約1/3程度の森林ゾーンからバイオマスを持ち込めれば再生可能エネルギーだけで賄えることも判った。一方、この解析の中でエネルギー消費密度の低減には、環境配慮行動が最も効果的であることが判明し、地域環境コミュニティの醸成が非常に重要であることも判った。これより、第5章の結果をもとに、インターネット・コミュニティを組み込んだ地域環境コミュニティのモデルを提案し、その中でのソーシャルネットワークの役割を明らかにした。地域社会での環境実践行動とインターネット・コミュニティとを、公的機関がインセンティブを与えながらリンクさせると、インターネット・コミュニティが親密性増大の増幅器の役割を果たし、住民が地域でのアイデンティティをしっかりと認識しながら、環境配慮行動を実施していくことが可能であると推察された。

## 参考文献

- [1] 宍粟市ホームページ, <http://www.city.shiso.lg.jp/>, (Accessed 03.11.2013)
- [2] 宍粟市バイオマスタウン構想報告書 (平成19年3月19日)
- [3] 博報堂生活総合研究所「世界8都市・環境生活調査」, 博報堂生活総合研究所, 生活総研 Research News, 2008.5.14
- [4] 太田 裕之, 藤井 聡 (2007): 環境配慮行動における客観的CO2排出削減量事実情報提供の効果に関する実験研究, 土木学会論文集G, Vol.63, No.2, pp.159-167.
- [5] ロバートD, パットナム: 孤独なボウリング—米国コミュニティの崩壊と再生, (柏書房, 2006).
- [6] 総務省情報白書「次世代 ICT 社会の実現がもたらす可能性に関する調査」(総務省, 平成23年)

## 第7章 結論

21 世紀に入って、地球規模の資源枯渇問題、地球温暖化を筆頭する環境問題が顕在化し、化石資源をほとんど保有しない日本においては、低炭素循環型社会形成の必要性が唱えられ、日本の各地域でも種々の政策が実行されつつある。ところが、現状では、低炭素循環型社会を考えていく上で、地域全体から見た最適な技術導入や政策が実施されているとは言い難い。今後、地域をできるだけ低炭素で循環型の社会に変革していくには、その技術、インフラの設計の拠り所となる定量的な指標を開発することが望まれる。一方、低炭素循環型社会形成には、上記の技術、インフラの設計の適切な設定とともに、地域住民の環境配慮行動が醸成されていくコミュニティ作りが不可欠である。これには「技術と社会」を繋ぐ定量的な指標の開発とインターネットなどを利用したコミュニティ形成が必要である。本論文は、このような学際領域の課題に対して、文理両面から研究を実施し、纏めたものである。

まず第1章では、低炭素循環型社会を構築するために、都市ゾーンから森林ゾーンまでのエネルギー消費密度、CO<sub>2</sub>排出密度の勾配を低下させるという基本的な考え方を新たに提示し、それを実現するために必要な要素研究を文理両面から抽出したのち、関連する既往の環境評価法や環境配慮行動の研究の精査から、今後進めるべき研究項目として以下の4項目の必要性を明らかにした。

- ① 廃棄物、廃熱価値評価法の開発
- ② 地域資源の有効利用法策定を支援する手法の開発
- ③ 環境配慮行動の価値評価法の開発
- ④ 環境配慮行動促進手段としてインターネット・コミュニティ利用の可能性

これに基づき、まず第2章では、第1章で提案した低炭素循環型社会形成で重要なポイントになる有機系廃棄物及び各種廃熱の価値を評価するダイアグラムを提案した。提案したダイアグラムは、年あたりの製品コストと年あたりのエンタルピーの関係を示したものである。各資源、製品のエネルギーコストが直線の傾きで表現できることを利用して、単位重量の有機系廃棄物からある製品に変換する場合に必要な供給エンタルピー

を作図で算出して廃棄物、廃熱の価値をコスト評価していくものである。バイオマス廃棄物からの水素製造に関する具体例でダイアグラムの妥当性を検証した。この方法は、技術による価値変化を定量的に評価できること、リサイクルの可否がエネルギー、コストの両面から判定できることなど、LCAのように対象を評価する方法と違って能動的に設計できる手法となり得ることが示された。以上、提案した方法は、簡便かつ定量的に作図可能で、地域の廃棄物、廃熱を技術と連動しながら価値評価できるとともに、政策策定などの支援ツールとして利用できることが示唆された。ただし、現時点では方法論の提示の段階であり、今後、具体的に各地域のバイオマスタウンなどの情報をもとに、本法による評価を重ねていき、地域における最適技術の違いなどを整理していくことで、低炭素循環型社会構築のパターンを明らかにしていくことが望まれる。

第3章では、地域社会のエネルギー源として現在盛んに実施されているバイオマス利用に着目し、政策担当者がより合理的かつ簡便にバイオマスの利用技術、各技術の比較を行える手法として、エクセルギーを評価するパスダイアグラムを提案した。ダイアグラムは、エクセルギーとエンタルピーの関係図で、傾きでエクセルギー効率を表現するもので、流体がある温度で有するエクセルギー効率を、原点を通過する直線で表現できる点に特徴を有している。熱分解・ガス化などの代表的なバイオマス廃棄物転換技術に適用して廃棄物のエクセルギーから見た価値が利用する技術によってどのように変化するかを評価し、単純燃焼よりもガス化の方が優れていること、ガス化と炭化はほぼ同等のエクセルギー損失を伴うことなどを明らかにした。また、これまで処理困難とされてきた湿潤バイオマス廃棄物に対して、発酵熱乾燥と炭化を組み合わせたプロセスによって、木質バイオマスよりもエクセルギー的に有効利用できることも明らかになった。最後に、第2章で提案したコストダイアグラムと組み合わせた解析法も提示し、政策担当者が簡便にバイオマス利用スキームを選定する支援ツールとして利用可能であることを示した。以上、本論文では典型的なバイオマスの熱化学変換技術に焦点を当てて実施したが、今後、生物化学変換によるバイオエタノールなどの技術に関しての評価も追加し、バイオマス変換技術メニューとしてデータベース化することが必要と考えられる。また、第2章の評価法と組み合わせて、具体的な各バイオマスタウン設計を行い、さらなる改良を加えることも必要であろう。また、有機系廃棄物だけでなく、太陽光や風力



などの地域資源のパスとハイブリッド化して最適解を算出するダイアグラムへの展開なども重要な課題であり、今後、これらの評価法についても検討を重ねていきたい。

第4章では、消費サイド（住民）の環境配慮行動に着目して、低炭素社会の構築に不可欠な家庭内での環境配慮行動の支援するために、環境配慮行動の価値を定量的評価する方法を提案した。まず、時間と空間を任意に設定可能な指標として、環境空間寿命を新たに提案、導入し、これに基づき、環境配慮製品（新製品）と旧製品の累積CO<sub>2</sub>量及び累積経費のライフサイクルプロファイルを作図する方法を提示した。このプロファイルの比較から、新製品導入によるCO<sub>2</sub>削減量と同等のCO<sub>2</sub>量を旧製品の環境配慮行動で削減した場合のCO<sub>2</sub>1kgあたりの価値（円）を算出する式を考案し、環境配慮行動に対する定量的価値を評価した。その具体的な評価例として3種類の家庭内電化製品と自家用車を対象に解析した結果、テレビ及びエアコンでは、環境配慮行動が電気料金の2倍～3倍の価値を持っていることが判った。一方、ハイブリッド車と同等のCO<sub>2</sub>削減をガソリン車で行う場合の価値は、ガソリン料金の約半分程度しかなく、新製品導入の方が効果的であることが判った。さらに、次に、上記で決定された価値を生み出すための環境配慮行動の程度を、提案したチャート図の作図と環境空間寿命の指標により定量的に提示可能であることを示した。以上、これまで定性的にしか理解できなかった環境配慮行動の価値を定量化する新評価法の有効性を示した。今後は、この評価法を軸に、さらに多くの家庭製品の評価を実施するとともに、それらの評価結果に基づいて、環境配慮生活設計を支援するチャートへと発展させていく必要がある。この際、各製品の買替時期の最適解を求める手法の開発、製品リサイクル効果の評価手法の開発、買替時期を考慮した低炭素化政策の提示などを検討していく必要がある。

第5章では、環境配慮行動を促進するための方策として、インターネット・コミュニティを醸成していくことを念頭に、3種類の掲示板でのコミュニケーションのデータに用いて親密化プロセスを解析し、インターネット・コミュニティにて親密性が発現する要因は、自己犠牲度（自己開示の程度，心理的距離，個人のアイデンティティの集団への同化を促進）が高く、排他度（自己開示の程度，心理的距離，個人のアイデンティティの集団への同化の抑制）が低いほど親密度が高いこと、これにはそのネット上での主

題が重要であることを明らかにした。今後、ここで得られた成果をもとに、実際に環境配慮行動の情報を地域住民に提供し、その効果を検証するなどのフィールドワーク研究を進めることで、より具体的に親密性が増進される情報の内容と提示方法などの検討を実施し、インターネット・コミュニティの在り方をさらに深く検討していくことが必要であると考えられる。

最後に、第6章では、第1章で提案した、低炭素循環型地域社会構築のための基本的な考え方にに基づき、中山間地域の例として宍粟市のデータを用いて、第2～4章で提案した手法によって、低炭素化の程度を推算した。その結果、家庭及び運輸部門における現エネルギー消費密度の6割を削減可能で、全体としても3割程度の削減が可能であることを示した。一方、この解析の中でエネルギー消費密度の低減には、環境配慮行動が最も効果的であることが判明し、地域環境コミュニティの醸成が非常に重要であることも判った。これより、第5章の結果をもとに、インターネット・コミュニティを組み込んだ地域環境コミュニティのモデルを提案し、その中でのソーシャルネットワークの役割を明らかにした。地域社会での環境実践行動とインターネット・コミュニティとを、公的機関がインセンティブを与えながらリンクさせると、インターネット・コミュニティが親密性増大の増幅器の役割を果たし、住民が地域でのアイデンティティをしっかりと認識しながら、環境配慮行動を実施していくことが可能であると推察された。今後、大都市部やコンビナート地域など、異なるパターンをもつ地域社会で同様の評価を実施し、低炭素社会の類型化を進める必要がある。また、今回提示したソーシャルネットワークを介した環境コミュニティの実現性を検証する実際のフィールドワークも必要である。特に、農村部におけるインターネット情報の利活用についての方策等は、提案したコミュニティ形成には重要な因子であるため、別途、アンケート調査などを利用して、適切なスキームを検討する研究を進めていく必要があると考えている。

以上、地域有機資源・廃熱の価値を評価し、その有効利用シナリオを支援する評価法、家庭内での環境配慮行動の価値を評価し、行動内容の程度を定量的に明示する評価法の開発、それらの評価法による情報や、環境配慮活動を地域で推進する手段としてのインターネット・コミュニティをより効果的にするための親密性増進の要素の明示とこれを介した地域コミュニティの可能性について纏めた。上述のように、ここで示した内容は、

現時点では、設計型評価法、住民の環境配慮活動の定量化法などの方法論を提示した第一段階のレベルである。今後、これらの方法論を具体的に各地域に適用していき、各地域に適ったスキームを提示していくとともに、地域特性の違いを抽出していくなどの研究を進め、緒論で述べた低炭素地域設計の構築へとさらなる研究に邁進し、持続的社会の維持に微力ながら貢献したいと考えている。

【付録】表 A-1～A-2

各掲示板の1日当たりの発言者数と発言回数を表したものである。

表 A-1 1日当たりの発言者数

掲示板名	集計期間	発言回数(1日平均)	発言回数(最大値)
喫茶エクスプレス	2009/10/1～2010/10/1	1.12	9(2010/7/20)
柴犬好き	2008/11/5～2009/1/12	7.35	37(2009/1/4)
ママ友	2009/3/9～2009/4/17	12.82	53(2009/3/10)

表 A-2 1日当たりの発言回数

掲示板名	集計期間	発言者数(1日平均)	発言者数(最大値)
喫茶エクスプレス	2009/10/1～2010/10/1	1.80	7(2009/7/20)
柴犬好き	2008/11/5～2009/1/12	2.71	7(2008/1/4)
ママ友	2009/3/9～2009/4/17	3.03	6(2009/3/9, 10)

【付録】表 A-3～A-5

各掲示板における VRM の月別、もしくは週別の変化を実数と、1 人あたりの各カテゴリーの量を出したものである。

表 A-3 喫茶エクスプレスにおける VRM の月別変化

発言日時	発言者数	反射	解釈	応答	質問	確認	指示	情報	開示
2009/10	31	0	6	7	21	2	17	52	167
		0	0.19	0.23	0.68	0.06	0.55	1.68	5.39
2009/11	20	1	8	1	23	5	0	59	113
		0.05	0.4	0.05	1.15	0.25	0	2.95	5.65
2009/12	34	1	5	4	27	9	1	108	162
		0.03	0.15	0.12	0.79	0.26	0.03	3.18	4.76
2010/1	42	2	0	9	38	5	5	122	201
		0.05	0	0.21	0.9	0.12	0.12	2.9	4.79
2010/2	40	0	0	7	23	0	1	142	198
		0	0	0.18	0.58	0	0.03	3.55	4.95
2010/3	31	0	0	2	13	0	0	65	109
		0	0	0.06	0.42	0	0	2.1	3.52
2010/4	22	0	0	1	14	1	2	49	70
		0	0	0.05	0.64	0.05	0.09	2.23	3.18
2010/5	36	0	0	8	22	0	1	92	133
		0	0	0.22	0.61	0	0.03	2.56	3.69
2010/6	47	0	0	8	37	3	3	107	146
		0	0	0.17	0.79	0.06	0.06	2.28	3.11
2010/7	64	1	0	13	61	0	4	184	314
		0.02	0	0.2	0.95	0	0.06	2.88	4.91
2010/8	17	0	0	1	14	0	0	51	74
		0	0	0.06	0.82	0	0	3	4.35
2010/9	21	0	0	2	19	2	0	98	124
		0	0	0.1	0.9	0.1	0	4.67	5.9
2010/10	3	0	0	0	1	0	0	13	10
		0	0	0	0.33	0	0	4.33	3.33

表 A-4 柴犬好きにおける VRM の週別変化

発言日時	発言者数	反射	解釈	応答	質問	確認	指示	情報	開示
2008/11 第2週	21	1	0	16	5	8	0	2	103
		0.05	0	0.76	0.24	0.38	0	0.1	4.9
2008/11 第3週	42	1	0	25	11	4	1	2	194
		0.02	0	0.6	0.26	0.1	0.02	0.05	4.62
2008/11 第4週	19	0	0	9	10	3	1	1	89
		0	0	0.47	0.53	0.16	0.05	0.05	4.68
2008/11 第5週	58	2	1	18	27	7	2	2	319
		0.03	0.02	0.31	0.47	0.12	0.03	0.03	5.5
2008/11 第6週	8	0	0	6	0	1	0	5	44
		0	0	0.75	0	0.13	0	0.63	5.5
2008/12 第1週	19	0	1	9	2	1	1	11	114
		0	0.05	0.47	0.11	0.05	0.05	0.58	6
2008/12 第2週	25	2	1	12	10	2	1	2	154
		0.08	0.04	0.48	0.4	0.08	0.04	0.08	6.16
2008/12 第3週	65	1	0	11	18	6	5	11	398
		0.02	0	0.17	0.28	0.09	0.08	0.17	6.12
2008/12 第4週	47	0	0	21	14	8	11	4	305
		0	0	0.45	0.3	0.17	0.23	0.09	6.49
2008/12 第5週	39	0	3	21	14	1	3	6	201
		0	0.08	0.54	0.36	0.03	0.08	0.15	5.15
2009/1 第1週	27	1	0	19	8	2	9	11	136
		0.04	0	0.7	0.3	0.07	0.33	0.41	5.04
2009/1 第2週	105	0	0	86	42	12	41	17	560
		0	0	0.82	0.4	0.11	0.39	0.16	5.33
2009/1 第3週	25	0	0	17	10	2	9	6	142
		0	0	0.68	0.4	0.08	0.36	0.24	5.68

表 A-5 ママ友における VRM の週別変化

発言週	発言者数	反射	解釈	応答	質問	確認	指示	情報	開示
2009/3 第2週	167	2	1	141	41	46	44	17	528
		0.01	0.01	0.84	0.25	0.28	0.26	0.1	3.16
2009/3 第3週	14	0	0	7	10	0	8	2	40
		0	0	0.5	0.71	0	0.57	0.14	2.86
2009/3 第4週	47	0	0	42	20	10	7	7	194
		0	0	0.89	0.43	0.21	0.15	0.15	4.13
2009/3 第5週	20	0	0	20	12	13	0	4	129
		0	0	1	0.6	0.65	0	0.2	6.45
2009/4 第1週	90	2	0	99	27	32	18	15	350
		0.02	0	1.1	0.3	0.36	0.2	0.17	3.89
2009/4 第2週	76	0	0	141	28	13	24	11	347
		0	0	1.86	0.37	0.17	0.32	0.14	4.57
2009/4 第3週	86	0	0	159	35	35	9	16	398
		0	0	1.85	0.41	0.41	0.1	0.19	4.63

【付録】 図 A-1

喫茶エキスパレスの参加者が阪神なんば線に関する話題で積極的に書き込みを行っていたときのコメントチェーンを「UCINET」というソフトを使用して表したものである。ノードについている番号はコメントの番号、リンクに書かれている数字は応答するまでの時間である。「d」は日数（day）、「h」は時間（hour）、「m」は分（minute）を表す。

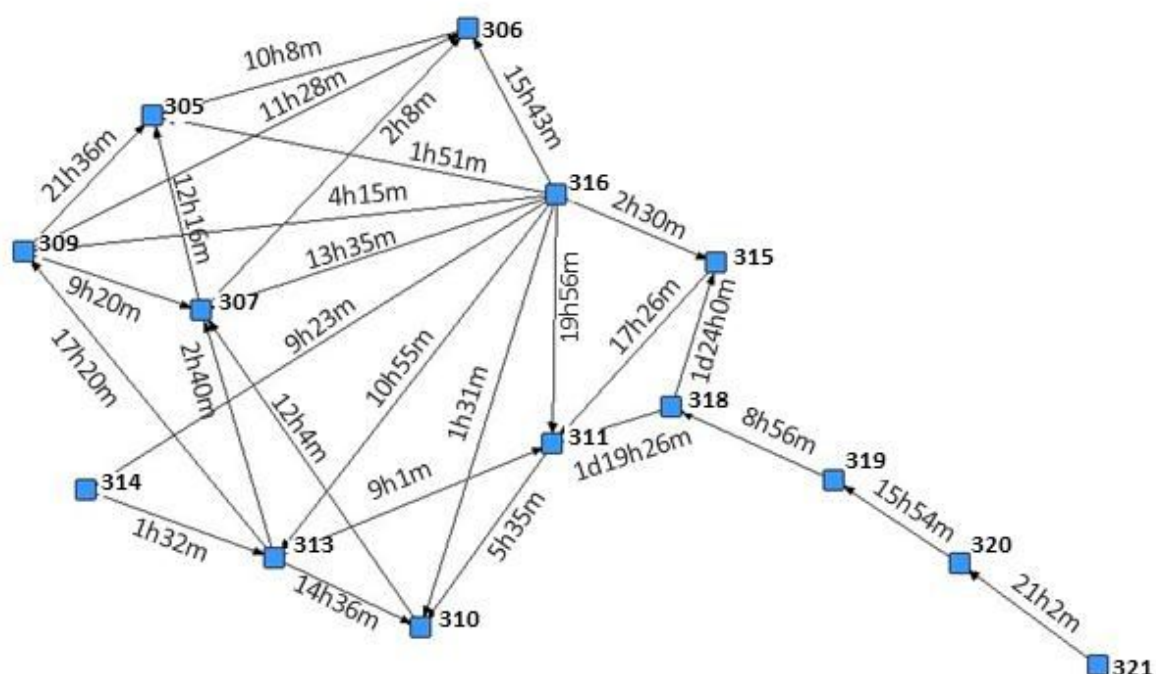


図 A-1 阪神なんば線に関する話題におけるコメントチェーン

## 謝辞

本論文は、京都大学大学院地球環境学舎で平成 23 年から平成 25 年までの約 3 年間に渡って行った研究の成果をまとめたものです。この間に、数多くの方々のご支援を賜りました。ここにお世話になった方々への謝辞を述べさせていただきたいと思います。

社会基盤親和技術論分野教授の勝見 武 先生には、門外漢の私を博士課程学生として受け入れて頂いた上、この 3 年間で忙しい中研究の進め方について頻繁に議論していただき、研究成果のまとめ方・発表の作法についても多大なるご指導を賜りました。また、3 件の国際会議など様々な場面で研究成果を発表する機会をいただき、大変貴重な経験をさせていただきました。さらに、研究以外でも数々の適切な御指導・御助言をいただきました。そして、研究者という職業に対する姿勢を学ぶことができました。ここに深甚な万謝の意をささげる次第であります。

鳥取環境大学環境学部教授・大学院情報学研究科環境情報学専攻教授の小林 慎太郎 先生には、入学当初から、定期的に有意義な議論をして頂き、本論文の骨子を作り上げる上で貴重な助言を賜りました。また、斬新な研究の視点も勉強させていただきました。深く御礼申し上げる次第です。そして、地球環境政策論分野教授の宇佐美 誠 先生にはの文系の立場から、本論文の完成に際して、有意義な議論と適切な助言・指導を賜りました。論文を書く際に丁寧に論理を展開することの大切さを教わりました。ここに甚大なる謝意を表します。

社会基盤親和技術論分野准教授の乾 徹 先生には、研究内容に対するタイムリーな助言、原稿のチェックなど適切な助言・指導を頂き、論理的な思考を教授頂きました。ここに甚大なる謝意を表します。また、地域資源計画論分野准教授の西前 出 先生には、論文を仕上げるにあたり、文理両面からの的確なご助言を頂きました。心から御礼申し上げます。

社会基盤親和技術論分野助教の高井 敦史 先生には、研究以外の面で様々なご助言を頂き、快適な研究室生活を送ることが出来ました。心から御礼申し上げます。また、社



会基盤親和技術論分野の安本 三穂秘書には、事務手続きでいつも快くご支援いただいたことに感謝いたします。そして、研究室生活を支え、大変充実したものにしていただいた社会基盤親和技術論分野の学生の皆様に感謝いたします。

最後に、博士課程進学を許してくださり、暖かく見守りながら支援していただいた両親に感謝の念に絶えません。本当にありがとうございました。